Public Works Canada
Travaux publics Canada

Architectural and Engineering Services
Services d'architecture et de génie

Building Performance Evaluation Series

Environmental and Energy Performance

Document C1

Canada

89-01910/

Building Performance Evaluation Series

Environmental and Energy Performance

Document C1

AES 1-4:86-21

March 1988

The Minister of Public Works makes no representation or warranty, express or implied, with respect to this publication or the programs or information described in this publication, their quality, merchantability, or fitness for any particular purpose, or their adequacy to produce any particular result. In nc event shall the Minister or Her Majesty the Queen in right of Canada, Her employees, servants or agents be legally liable to any person or persons for any damage, whether direct, indirect or consequential, resulting from the use of said publication or the programs or the information contained therein.

Published by Architectural and Engineering Services
Public Works Canada

Public Works Canada / Travaux publics Canada

DOCUMENT DATA

1. Document Title ENVIRONMENTAL AND ENERGY PERFORMANCE	2. Control Number AES/SAG 1-4:86-21
	3. Date March 1988
4. Author(s) K. Jaeggin	5. Consultant's Ref. No.
6. Project Manager	7. Discipline Series No. C1
8. Preparation Agency and Address Building Performance Division, Public Works Canada Room C-548, Sir Charles Tupper Building Riverside Drive, Ottawa, Ontario, K1A 0M2 Telephone: (613) 998-7830	9. Document Type Guideline
	10. No. of Pages 25
11. Sponsoring Agency and Address D.C. and R.T. Appropriated Programs Accommodation Branch	12. PWC File No. A4270-16
	13. PWC Project No. 602055
14. Supplementary Notes Questions and comments should be directed to the preparation agency, in 8 above.	15. SSC Publication No.
	16. ISBN

17. Abstract

This document describes the total performance approach to building evaluation and the methods available for environmental and energy performance evaluation. This is done by outlining performance requirements and methods of evaluating the environmental conditions in buildings. Application of these methods in the project delivery process, and in solving building performance problems, as they arise in operation and management, is described.

Environmental and Energy Performance addresses five of the seven total building performance attributes; thermal quality, acoustic quality, air quality, visual quality and energy effectiveness and covers the physical conditions of the environment at the workstation and in the building spaces in relation to user requirements, needs, and activities and the functions and processes enclosed. Indices of environmental performance and performance criteria that help define the factors that influence the environment within, at the borders and beyond the spaces are discussed.

An approach to energy effectiveness is discussed which minimizes energy-use and life-cycle costs without adversely affecting other aspects of total building performance.

18. Distribution Statement Copies are available from: Documentation Centre Architectural & Engineering Services Public Works Canada Sir Charles Tupper Bldg., Riverside Dr. Ottawa, Ontario K1A 0M2	19. Keywords	
	20. Documentation Centre Catalogue No. BP C1b	21. Price

TABLE OF CONTENTS

	PREFACE	*vii*
1.	**INTRODUCTION TO TOTAL BUILDING PERFORMANCE EVALUATION**	*1*
2.	**DEFINITION OF ENVIRONMENTAL PERFORMANCE**	*4*
2.1	Relationship with Systems and Material Performance	*5*
2.2	Relationship with Functional Performance	*5*
2.3	Relationship with Building Operation	*5*
2.4	Environmental Performance Evaluation and the Project Delivery System	*5*
3.	**ENVIRONMENTAL PERFORMANCE INDICES**	*7*
3.1	Thermal Quality	*7*
3.1.1	Indices of Thermal Comfort	*7*
3.2	Air Quality	*8*
3.2.1	Air Quality Indices	*9*
3.3	Acoustic Quality	*10*
3.3.1	Acoustic Quality Indices	*11*
3.4	Visual Quality	*13*
3.4.1	Visual Quantity and Quality Indices	*13*
3.5	Energy Effectiveness	*15*
3.5.1	Energy Performance Indices	*15*
4.	**EVALUATION TECHNIQUES AND ANALYSIS**	*16*
4.1	Objectives	*16*
4.2	Methodology	*16*
4.3	Thermal Quality (Stages II & III Evaluation)	*18*
4.4	Air Quality (Stages II & III Evaluation)	*18*
4.5	Acoustic Quality (Stages II & III Evaluation)	*19*
4.6	Visual Quality (Stages I, II & III Evaluation)	*20*
4.7	Energy Effectiveness (Stages I, II & III Evaluation)	*21*
5.	**EVALUATION METHODOLOGY**	*22*
5.1	Project Initiation	*22*
5.2	The Project Team	*22*
5.3	Development of the Work Plan	*23*
5.4	Field Work and Records	*23*
5.5	Assessment and Recommendations	*23*
6.	**RESOURCES AND EVALUATION COSTS**	*24*
7.	**BUILDING PERFORMANCE EVALUATION DOCUMENT LIST**	*25*

PREFACE

The objective of this document is to describe the total performance approach to building evaluation and the methods available for environmental and energy performance evaluation. This will be done by outlining performance requirements and methods of evaluating the environmental conditions in building spaces. The purpose is to identify how to apply these methods in the project delivery process and to solve problems that arise during building operation and management.

This document is one in a series describing the total building performance approach to building evaluation. The Class A documents in this series provide greater detail on the transdisciplinary total building performance concept. They explain how this concept relates to evaluating the seven performance attributes:

- visual,
- acoustic,
- air,
- thermal,
- functional quality,
- building integrity and
- energy effectiveness.

There is a Class B document which is a catalogue of tests.

A Class C document exists for each of the three performance areas: systems and materials, environmental and energy, and functional.

This document deals with Environmental Science, which is concerned with the degree to which the building achieves the desired acoustic, visual, thermal and air quality in occupied spaces while achieving energy effectiveness.

There are two companion C documents dealing with Functional Performance and Systems and Materials Performance.

Functional Performance is concerned with satisfying the functional needs of the occupants in carrying out their activities. It deals with the definition of occupant requirements, spatial performance, user adaptation to and utilization of the building and occupant perception of building quality.

Systems and Material Performance is concerned with the performance requirements of the materials and systems that make up the total facility. It deals with building integrity and the performance of the building enclosure and mechanical/electrical subsystems.

Class D documents describe specific evaluation techniques and related performance criteria.

1. INTRODUCTION TO TOTAL BUILDING PERFORMANCE EVALUATION

More complex demands are being placed on buildings in all occupancy classifications. The nature of the user functions, activities and processes are changing, and buildings have to adapt. Demands for greater flexibility in office environments to accommodate electronic office systems are placing stress on existing space and obsolete systems. Economic and social constraints are shifting. Energy, capital, operation and maintenance (O&M) and other costs have escalated. The expectations of owners and occupants have risen, and the safety and health requirements in codes and standards are becoming more stringent. The changing requirements have meant the use of new materials, components and systems, and in the retrofit and renovation of existing buildings. The result is greater challenges for those who design, build and operate buildings.

A more explicit definition of performance requirements is needed at the concept, programming, design, commissioning, fit–up, operation and retrofit stages. More precise forecasts of how design alternatives affect all aspects of building performance are needed at the design stage. All key aspects of building performance must be measured and evaluated during the project delivery process at the programming, design, construction, commissioning and post–occupancy stages. Problems that arise in operation and use must be diagnosed and solutions must be found.

Total building performance evaluation is a key element in meeting this challenge. It calls for the definition of:

- "performance characteristics or attributes". This is a list of qualities or properties that a subsystem or component must have to function according to the owner's/users needs;
- "performance objectives or requirements". This is the qualitative statement of desired performance for the environment;
- "performance levels or criteria". This is a quantification of desired performance;
- "indices or measures of performance". These are defined levels of performance; and
- "methods of testing and analysis to establish compliance".

The process determines how a building is performing and where and if it is deficient. It also contributes to the development of improved performance criteria, methods of prediction, and to improved methods of design, construction and operation.

Performance requirements can be defined at various boundaries:

- the community or neighborhood;
- the building site;
- the building and enclosed spaces;
- the workstation;
- the sub–systems; and
- the materials and components.

Progress has been made in establishing performance requirements, performance indices, performance criteria and test methods at the materials and component level. Examples are the National Master Specification and standards it references. Less progress has been made at the building, building space, workstation and subsystems levels, which are the primary targets of the total building performance approach. The total building performance approach focuses on performance evaluation in relation to:

- requirements of the owner and the needs and activities of the user,
- requirements of the interior space to provide acceptable environmental conditions for the user and associated activities or processes,
- requirements of the subsystems for serving the users requirements, needs and activities and to maintain building and subsystem integrity.

These aspects of performance can be defined in terms of a number of primary performance attributes and their sub-sets. It is important to recognize the multifaceted nature of these performance attributes and their interrelationships. It is all too easy to achieve one performance objective at the expense of another. To minimize this possibility, a transdisciplinary approach to total building performance evaluation is needed to bridge the gap between traditional disciplines.

Total building performance is defined in terms of seven performance attributes.

- functional use quality;
- acoustic quality;
- visual quality;
- thermal quality;
- air quality;
- building integrity; and
- energy effectiveness.

These performance attributes involve three areas of responsibility:

- functional performance;
- environmental and energy performance; and
- systems and material performance.

All three areas encompass a range of skills and a number of disciplines. They are mutually supportive and interdependent in the context of total building performance.

Building performance can be evaluated using three criteria:

(1) The degree to which the building satisfies the functional needs of the occupants in carrying out their activities. This is of primary interest to those involved in the Functional Performance Evaluation, and those responsible for the management of activities carried out in the building.

Those people involved will be concerned with the identification of the owner's requirements and user's needs. This group could include:

- owners;
- user-groups;
- office managers;
- architects;

- functional programmers;
- interior designers;
- program and facilities managers;
- systems engineers (security, fire safety, HVAC, illumination, etc);
- specialty consultants (landscape, artwork, food services, vertical transportation).

(2) The degree to which the building achieves the desired acoustic, visual, thermal, and air quality in the occupied spaces while achieving energy effectiveness. This is of primary concern to those involved in the Environmental and Energy Performance evaluation and those responsible for the operation and maintenance of the building. The groups involved usually include:

- architects;
- HVAC engineers;
- lighting and electrical consultants;
- acoustical consultants;
- health, safety, and air quality professionals;
- program and facilities managers; and
- operating and maintenance personnel.

(3) The degree to which the materials and systems that make up the facility meet the performance requirements specified in the contract documents. This is of primary concern to those involved in the Systems and Material Performance Evaluation, and those responsible for the design and construction of the facility. It is fundamentally important to Facilities Managers and Operating and Maintenance Personnel. Those disciplines involved usually include:

- architects;
- structural, mechanical, and electrical engineering consultants.
- project managers;
- specification, inspection and quality control agencies;
- the general contractor and sub–contractors; and
- plant engineers (maintenance engineers).

2. DEFINITION OF ENVIRONMENTAL PERFORMANCE

Environmental and energy performance addresses five of the seven total building performance attributes:

- thermal quality;
- acoustic quality;
- air quality;
- visual quality; and
- energy effectiveness.

Environmental performance evaluation is the process of:

- defining the physical conditions of the environment at the workstation and in the building spaces in relation to user requirements, needs and activities and the functions and process enclosed;
- defining the factors within, at the borders of, and beyond the spaces that influence the environment;
- identifying or developing indices of environmental performance and performance criteria;
- developing effective solutions to environmental problems; and
- identifying and assessing the key energy effectiveness factors.

The building spaces of particular interest are those intended for occupancy and use, such as:

- workstations;
- general offices;
- private offices;
- computer rooms;
- conference rooms;
- public spaces;
- atria; and
- auditoriums.

Environmental conditions can be evaluated in such spaces for variations between locations, and for long and short term changes over time.

Energy use in buildings is affected by the performance characteristics of many of the architectural, mechanical and electrical systems and components, and by building use and operation. Some energy conservation measures can have a negative impact on environmental performance quality. When this is the case, environmental concerns should be carefully considered, since the wrong measures could cause a building to fail to meet basic performance criteria and occupant satisfaction. For example, reduction in outdoor air supply and in total air circulated can result in poor air quality. Lower thermostat settings in winter and higher ones in summer can result in thermal discomfort. Delamping can produce inadequate or uneven levels of illumination.

A transdisciplinary approach to energy conservation is recommended because all building performance attributes will be considered. Energy effectiveness is defined as

minimizing energy use and life–cycle costs without adversely affecting other aspects of total building performance. The D documents on energy effectiveness provide techniques for evaluating the energy performance of buildings and equipment.

2.1 RELATIONSHIP WITH SYSTEMS AND MATERIAL PERFORMANCE

Environmental conditions in the building space will usually be affected by the conditions in the exterior environment and adjacent interior spaces. Knowledge of the characteristics of both the external envelope and interior space separations may be required.

Environmental performance is influenced by the characteristics of the materials and components of the furnishings and spatial boundaries. It is also affected by the operating characteristics of equipment and systems supplying heating, cooling, air–conditioning, ventilation, lighting and other services. Environmental performance requirements and criteria are key considerations in the selection and operation of these components and systems.

2.2 RELATIONSHIP WITH FUNCTIONAL PERFORMANCE

The function or use of the space and user's activities will influence environmental performance requirements and criteria. Spaces used for moisture–sensitive equipment (such as computer rooms), may require precise control of relative humidity and temperature. Spaces used for processes sensitive to particulate contamination may need special filtering and control of air movement. The results of functional use evaluation can contribute significantly to an evaluation of environmental quality.

2.3 RELATIONSHIP WITH BUILDING OPERATION

Attaining a high level of environmental quality depends on the performance characteristics of building components and systems, and on the way the building and its systems are operated. Performance criteria provide operating objectives for the control of environmental conditions. The methods of evaluation establish the extent to which these objectives are achieved. Environmental performance evaluation techniques and criteria are also valuable in identifying the basis of complaints. These techniques and criteria therefore are of special interest to operation and maintenance (O&M) managers and staff.

2.4 ENVIRONMENTAL PERFORMANCE EVALUATION AND THE PROJECT DELIVERY SYSTEM

The total building performance evaluation process is relevant to most aspects of the project delivery system because it evaluates expected performance against goals and objectives, performance requirements and design objectives of materials components and systems, commissioning and start–up requirements and post occupancy evaluation.

Environmental performance strategies should be identified at the project definition and design stages. This will influence the choice of building envelope characteristics, the internal separations and the interior surfacing. It will also influence the performance requirements for the mechanical and electrical systems.

All design alternatives should be evaluated in terms of their impact on the performance criteria. Some of the methods of evaluation are described in the "D" documents can be applied. Other methods are specified in codes, standards or building construction specifications.

The construction documents should record the performance criteria and appropriate methods of evaluation. Performance evaluation of some of the subsystems and their components can be carried out on mock-ups or in the building at early stages of construction.

Some of the evaluations can be carried out as part of the assessment prior to issuance of the certificate of acceptance. The evaluation of in-service environmental performance requires that the building be completed and operational. But, if assessments can be made before the subsystems begin affecting environmental performance, there will be a greater likelihood of meeting the criteria in the design brief.

The methods of evaluation can be used to establish performance during the commissioning process. The environmental performance criteria can be used as benchmarks for interior design solutions during fit-up. The criteria provide guidelines for building operation. The knowledge generated in the total building performance evaluation process at all stages, including post-occupancy, contributes to the improvement of design concepts, the design process and building operations.

3. ENVIRONMENTAL PERFORMANCE INDICES

3.1 THERMAL QUALITY

Thermal quality refers to those characteristics of a space and its physical boundaries that significantly affect the thermal condition of the occupants and objects in the space.

The thermal performance of a space is of primary importance to the comfort of occupants. Thermal discomfort can result in physiological stress. This can affect the occupants ability to effectively carry out the functions for which the space is intended. Thermal deficiencies may adversely affect health. The thermal environment can also affect the performance of objects or equipment within a space such as the preservation of art or the functioning of electronic equipment.

3.1.1 Indices of Thermal Comfort

Thermal comfort can be defined as that condition which expresses satisfaction with the thermal environment. The perception of thermal comfort is related to an individual's rate of body heat production and its transfer to the environment. See Document D03, Thermal Environment Evaluation, for details. The body's rate of heat production depends on the activity in which the individual is engaged. The rate of heat transfer to the environment depends on the insulation value of the clothing worn and on such space conditions as:

- air (dry bulb) temperature;
- thermal radiation;
- air movement; and
- humidity.

The overall heat exchange by radiation between a person and the surfaces of the enclosing space is defined in terms of the mean radiant temperature. The heat exchange by convection depends on the surrounding air temperatures and air motion. As a convenience the term operative temperature is widely used to define the thermal environment in relation to an occupant's combined heat exchange by radiation and convection. Humidity in a space is expressed as relative humidity, wet bulb temperature and dew–point temperature.

Statistical correlations have been developed between thermal response, operative temperature and humidity. The Fanger comfort equation, based on these correlations, gives the predicted mean vote (PMV) of a group of people, based on a thermal sensation scale, which is then related to the percentage dissatisfied (PPD). It has been found that in a uniform environment, about 95% of a large group are comfortable at conditions which the average consider thermally neutral (PMV of zero).About 80% find conditions thermally acceptable near slightly warm or slightly cool conditions (Standard 7730, "Moderate Thermal Environments – Determination of the PMV and PPD Indices and Specifications of the Conditions for Thermal Comfort.")

The American Society of Heating, Refrigerating, and Air–Conditioning Engineers (ASHRAE) Comfort Chart defines the ranges of operative temperature and humidity in

which at least 80% of sedentary occupants will find conditions thermally acceptable. This forms the basis of ASHRAE Standard 55–1981 – "Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy".

The ASHRAE Standard includes relationships to account for variations in clothing insulation, level of activity and air movement. Criteria are given for the permissible rate of change of operative temperature under cycling conditions. Criteria are also available for the rate of change of operative temperature from one level to another (temperature drifts or ramps). Similarly, criteria are given to account for radiation exchange with hot or cold surfaces, which can cause local discomfort and for vertical air temperature differences within the occupied zone.

The performance characteristics of a number of building subsystems and components will influence the thermal performance of the space. Their evaluation can be important in assessing total building performance. (These subsystems and components are dealt with in Material Science documents.) Temperature and humidity control systems have an impact on temperature variations over time and between spaces.

The air distribution characteristics of terminal units will have an effect on temperature uniformity and on air motion within the occupied zone. The thermal characteristics of exterior walls and windows and of luminaries will influence mean radiant temperatures and radiation asymmetry. The location and configuration of office screens and landscaping features can affect local temperatures and air motion. The performance characteristics of these components must be considered in diagnosing the causes of problems and in developing solutions.

3.2 AIR QUALITY

Air quality refers to the acceptability of the composition of the indoor air for the health and comfort of the occupants. Air consists primarily of oxygen and nitrogen, but it can carry many contaminants, at concentration levels that can range from unpleasant to dangerous.

Indoor air may contain more contaminants at higher concentrations than outdoor air. Indoors, they arise from such sources as outgassing from some construction materials and furnishings; some components of cleaning and decorating materials; human activity and work processes.

Some measures to control contaminant levels include:

- eliminate or minimize sources (source removal);
- collect and exhaust at source (source containment);
- filter the indoor air; and
- dilute the indoor air with fresh outdoor air (ventilation).

All measures should be used with care (particularly minimizing emission of contaminants at source). A large number of contaminants in significant quantities may find their way into the occupied space. A practical remedy is to dilute the indoor air with outdoor air. However for dilution to be effective, an appropriate quantity of outdoor air must be introduced and distributed where required in the occupied space.

Both the introduction and distribution of air can be adversely affected by measures taken to achieve other performance objectives. When outdoor air supply is reduced in silent hours for energy conservation, this can adversely affect both the quantity and distribution of fresh air. For example, excessive concentrations of contaminants from outgassing can result when temperature is controlled by modulating the flow rate of conditioning air. This can adversely affect both the quantity and distribution of fresh air.

3.2.1 Air Quality Indices

ASHRAE Standard 62 – 1981, "Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality", is the principal reference document in North America for the design of ventilation systems for commercial, institutional and residential occupancies. It gives two approaches:

(1) a ventilation rate procedure which gives minimum fresh air requirements for a variety of occupancy conditions; and

(2) an indoor air quality procedure which identifies acceptable concentration levels for a variety of contaminants.

The first approach is normally used by building designers. For building performance evaluation purposes the specified fresh air rates provide one reference point in diagnosing indoor air quality problems. Buildings which nominally meet these requirements, may however, have inadequate air quality due to distribution inadequacies, building operation methods, or unusual contaminants. Measurement of concentration levels is needed for comparison with available standards.

In the absence of specific federal government air quality guidelines for building occupancies, Public Works Canada generally refers to ASHRAE Standard 62–81. It contains values for continuous long term exposure for a small number of chemicals. For other chemicals, it recommends using one–tenth of the values established by the Occupational Safety and Health Administration (OSHA) for industrial exposures based on a 40–hour work week. For industrial settings Treasury Board has established the concentration standards of the American Conference of Governmental and Industrial Hygienists (ACGIH) as minimum requirements.

Document – D01 Pollutant Evaluation, provides details on concentration criteria and the methods of measuring the contaminants described below.

Carbon Dioxide

Outdoor air contains a background level of CO_2 which becomes higher in buildings because of respiration and, sometimes, unvented products of combustion. While CO_2 concentration limits are rarely exceeded, measurements can indicate whether the outdoor air supply is adequate in office and other occupancies when the presence and activities of people represent a major source of contamination. Since people generate much of the CO_2, and the concentration in outside air is fairly uniform, the indoor concentration of CO_2 is a function of the number of occupants of a building and effectiveness of the ventilation.

Carbon Monoxide

The primary source of carbon monoxide is exhaust from internal combustion engines. Indoor parking garages and loading docks are potential sources. Heavy traffic outdoors is another possible source.

Formaldehyde

The resins and glues used in a variety of building products and furnishings are among the principal sources of formaldehyde. There is current concern over the health risks this gas may present.

Volatile Organic Compounds

Volatile organic compounds cover a range of gaseous chemicals (mostly solvents) which are usually man made. Indoors they come from off–gassing of building materials and furnishings, chemicals used in copying machines, and components in cleaning and decorating materials.

Radon

Radon is a radioactive gas produced during the decay of radioactive elements found in certain soils, rocks, groundwater, concrete and masonry. Spaces below grade are susceptible to radon exposure.

Respirable Particulates

Respirable particulates are dust particles in the size range that can be inhaled and trapped in the respiratory system. Tobacco smoke is the major indoor offender. Cleaning and maintenance materials produce respirable particulates. Other sources include mineral and organic particles and fibers from surfacing materials, insulations, carpets, and clothing.

Biologicals

This refers to bacteria, yeasts and molds. These products are present in water, and when associated with mechanical systems, can be released into ventilation air. Some species have spores which can develop into fungi or bacterial colonies particularly in areas of elevated humidity, such as in cooling towers, evaporative condensers, air washers and hot water tanks. The classic example and extreme of illness arising from such sources is the epidemic of legionellosis or "Legionnaire's Disease".

3.3 ACOUSTIC QUALITY

Acoustic quality refers to those acoustical characteristics of a space and its physical boundaries, its assembly or sub–assembly and materials in the indoor environment, and its utilization by the occupants that significantly affect the comfort and safety and health of the of the occupants.

The acoustical characteristics of a workspace contribute significantly to the overall quality of a building and are closely related to other building quality issues, such as ventilation, air circulation, thermal comfort, lighting and space utilization, including the location of noise producing equipment. The goal of the acoustical system is to create an

environment where occupants feel comfortable and can perform their activities efficiently. However, since the application of the open "landscaped" office, problems associated with sound control or noise have focused attention on acoustical testing and measurement. When diagnosing the cause of problems and developing solutions, the following characteristics must be considered: the acoustical properties of separations or partitions and of the wall, floor and ceiling surfaces; the sound generation and transmission characteristics of mechanical and other building services; and the arrangement and location of spaces and functions.

The comfort issues addressed in acoustical evaluation are: ambient sound levels; the sound propagation or sound transmission in open offices, and reverberation time and sound transmission through partitions. These can be defined and measured to various limits and are discussed in the Acoustics document.

Hearing damage and other physiological problems can result from the cumulative effect of continuous high noise levels or from short term exposure to short-duration noise peaks. This is a health and safety issue and the maximum allowable exposure to noise is regulated by federal and provincial legislation. Health and safety limits are prescribed in the Canada Labour Code and discussed in the Acoustics "D" document.

3.3.1 Acoustic Quality Indices

Sound is the mechanical radiant energy that is transmitted by longitudinal pressure waves in a material medium, such as air. It is expressed and measured in terms of sound pressure levels (SPL), with the unit of measurement being the decibel (dB). Loudness is the subjective equivalent to sound pressure level. The frequency of a sound is the number of vibrations in a given period of time, expressed in Hertz (Hz). Lower frequencies are perceived as a rumble, higher frequencies as a hiss or whine. Pitch is the subjective response to frequency.

Response to frequencies differ from one individual to the next. At each end of the spectrum there are sounds outside the audible range. Even in the auditory range, acuity or sensitivity to frequency varies. As humans age, or are frequently exposed to loud sounds, their sensitivity to high frequency sound decreases. To approximate the frequency response of moderate sound levels by the typical auditory system, an "A-Weighted" scale is often used. It discriminates against frequencies below 500 Hz and above 10 kHz and is measured in units of dB(A). The normal hearing response is most sensitive in the range of 1 kHz to 5 kHz.

Ambient sound is the composite value of airborne sound from all sources. In an office environment the sources of ambient sound are: sounds from outside the building; internal sources, such as mechanical, lighting or plumbing; occupant generated sounds, such as speech, circulation and operation of office equipment. Tables are used to determine acceptable background noise levels for various space utilizations, where the levels are given in dB(A).

However, to assess the specific spectral composition of background, or ambient, sound levels, Noise Criteria (NC) values, Perceived Noise Criteria (PNC) values and Room Criteria (RC) values have been developed.

Noise criteria (NC) curves define the upper and lower limits of sound pressure across a range of frequencies for an office environment. Sound levels are measured in one–third or full octaves of frequency. This delineates the frequency band and identifies the major characteristics of the sound source. Therefore prescribed NC values can be set for various types of spaces in buildings, and specified for various noise producing equipment.

Perceived noise criteria (PNC) curves are based on the original NC curves, but extend to frequencies lower that NC curves. Both the low and the high frequency ends of the curves are lower than the NC curves.

Room criteria (RC) curves are intended to approximate a well balanced spectrum which would be perceived by the occupants as bland and are useful for establishing design goals for mechanical systems.

Sound propagation, depends on how well sound is transmitted from one position to another. It is important to both oral communication and privacy. Intelligibility depends on the ratio of the strength of the received speech signal to the strength of the background noise. This is expressed as the Articulation Index (AI), a number between 0.0 and 1.0, indicating intelligibility between 0 and 100%. The AI also depends on the loudness of the speech, the distance to the speaker, the absorption and reflection of sound by surfaces in the room, and in an open–planned office, the attenuation provided by screens and orientation between speaker and listener.

The AI is a measure of the degree of conversational privacy between two positions, or conversely, the effectiveness of speech communication between two positions. Thus, 100% privacy yields 0% communication and vice versa. Articulation Indices for various speech privacy and communication condition relationships can be set and are helpful in planning or establishing performance guides.

Reverberation time is a measure of the "persistence of sound" that exists after the source of the sound has stopped. It is defined as the time required for the sound level to decrease by 60 dB. Reverberation time measurements are taken to determine the amount of sound absorptive material present in and around a workstation in an open office or closed office. The results of these measurements are related to the sound propagation test results. Reverberation time provides some indication of total acoustical absorption whereas sound propagation indicates the distribution of the absorptive materials.

Transmission loss through partitions is critical when speech privacy is required. The effectiveness of the partition system in attenuating airborne sound is particularly important. Traditionally, sound attenuation through a partition was classified by a single Sound Transmission Class (STC) value. This rating system was originally developed by the American Society for Testing Materials (ASTM) in the laboratory under specified conditions. Measurements conducted in the field must take into account transmission through the entire office, including flanking paths. Noise Reduction (NR) and Normalized Noise Reduction (NNR) measurements may be made to determine the amount of sound attenuation provided by office partitions in–situ. These tests measure

the acoustical attenuation from one position in a closed office to positions outside the office. The acoustical performance of the partition and its entire assembly including all adjoining surfaces can then be evaluated.

Noise induced hearing loss is the primary health and safety issue in acoustics. Fortunately the noise levels in offices are considerably lower than the maximum allowable exposure set through federal and provincial legislation. The criteria for limiting the risk of hearing damage to an acceptable level is based on limiting the maximum noise exposure to an equivalent steady state level of 90 dB(A). Higher noise levels are permitted but only if exposure time is reduced.

Excessive noise may be the result of the building's mechanical or electrical systems or occupant–operated equipment, such as a paper shredder or printing machine. Sound level meters and noise dosimeters are used in monitoring these sound over a set period of time.

3.4 VISUAL QUALITY

Visual quality refers to those visual characteristics of a space and its physical boundaries that provide a safe,comfortable and healthy environment for the occupants or users. In offices, the quality of lighting can have a major influence on the efficiency with which tasks are carried out. Lighting is also critical when the aim is to display objects for viewing, as in galleries or retail establishments. It is equally important when the objective is to create a particular ambience, mood or impression. Lighting is also important for safe access, movement and egress.

3.4.1 Visual Quantity and Quality Indices

The method for assessing and evaluating the lighting environment in document D10 Illumination Evaluation, addresses two issues. The first, quantity, deals with assessing the contribution that electric and/or daylighting makes to the illumination level at workstations and support spaces within the building, and at specific outdoor locations. This provides the basis for compliance with the Labour Canada Code and other provincial codes, which address the safety and/or energy efficiency of working environments. The second, quality, assesses the visual impact that quality lighting has on the environment of the occupant.

Lighting quantity depends on its efficacy. This is determined by the ratio of the luminaire luminous output to the total power consumed by the luminaire (inclusive of control circuits and ballast losses). Efficacy values are used to determine and compare the power"efficiency" of installed lighting systems.

The quantity of light per unit area is referred to as illuminance, it is measured in lumens per square metre or lux. Required illumination levels for both general and task lighting have been established for various work environments, for example, in the Canada Labour Code and levels are normally surveyed to determine compliance with these codes. Illuminance Uniformity Ratios, consisting of average to minimum and maximum to minimum ratios, are used as guidelines to approximately express operational ranges of in–service illumination levels.

The level of illumination is only one factor in good visibility in performing a visual task. For a task to be seen clearly there must be contrast (a difference in brightness between the details being observed). The brightness of a surface is referred to as luminance and is measured in candelas per square metre. There should also be luminance contrast between the task and its immediate surroundings, but it should not be excessive. Contrast between the task and the general surroundings also has an effect on visibility and visual comfort and needs to be controlled within limits. Contrast indices and criteria have been established for design and evaluation purposes. Mathematically it is simply a ratio between the luminance of the target and the luminance of its background and is one of the key elements for the determination of visual performance.

If the contrast relationships become too great, glare will result. Glare is a sensation of excessive brightness which causes discomfort or reduction in visibility. Glare can come directly to the eye from a light source. The light source can be the sky as seen through a window, or it can be an electric luminaire visible to the eye of the observer, or a bright patch of light, indirectly reflected by a ceiling. It may also come to the eye as a reflection from a task or surrounding area (generally referred to as veiling reflections). Veiling reflections from video display terminals are of particular concern and warrant special attention. Glare may occur at some workstations and not at others and can be evaluated from measurements.

Glare can be controlled through the design and location of lighting and windows and the control of reflectance and transmission of materials. Reflectance surveys can be made for all major surfaces which are part of the observer's visual field and also for task surfaces. Transmittance surveys are generally limited to glazing materials, window treatment materials and to lenses of luminaires. Consideration of all these characteristics will provide data for assessing visual performance, which is defined as the speed and accuracy to perform visual tasks.

Depending on the function in a space, color perception may be important in evaluating a lighting installation. Color perception depends on the nature of the light source, particularly the wave lengths generated. Color rendering indices are available for different types of lamps. Illumination intensity and reflections also affect color perception and must be considered in lighting design.

The surface characteristics of the space's boundaries and furnishings, the geometry and layout of the space and the design of the workstations all influence visual performance. The light-transmitting characteristics of windows and shading devices, and window orientation determine how daylighting affects visual quality. These factors must be considered in diagnosing the cause of problems and in developing solutions. The determination of the Average Daylight Factor (ADF) is useful in assessing the daylighting contribution of a space. The ADF is the area-weighted average of all daylight factors of a space and is used to relate the interior level of daylighting illumination as compared to its corresponding exterior level.

Energy use and lighting design are closely related. Lighting design can help or hinder the achievement of thermal comfort. This further emphasizes the need to take a transdisciplinary approach to problem solving.

3.5 ENERGY EFFECTIVENESS

Energy effectiveness refers to the extent to which the total building energy consumption can be considered reasonable. Global evaluation is the first step in any energy effectiveness performance study. This will usually identify wasteful energy use, and give a basic idea of potential conservation.

The next level of investigation is component evaluation, which establishes a disaggregated pattern of energy use in a building. It identifies how much energy is used by, or lost through, building components – including the envelope, boilers, chillers, fans, pumps and lighting systems.

Equipment and systems evaluation in the field identifies energy waste and the ways it can be reduced through the implementation of Energy Conservation Opportunities (ECOs). ECO's would include the implementation of operation and maintenance changes, and the modification or replacement of components and systems.

Finally, a retrofit evaluation may also be necessary, since it can assess the impact of proposed energy use changes on the building performance.

3.5.1 Energy Performance Indices

The principal way to measure energy effectiveness is to compare the building's energy consumption to an energy budget (expressed in Gigajoules per square metre). The energy budget represents the defined level of annual energy consumption an existing building could be expected to achieve through conservation measures. Component energy analysis, or disaggregation, establishes the magnitude of component energy flow – such as space heating, fan energy, space air conditioning, lighting, domestic hot water – to identify major areas of energy use, and to serve as a means of checking energy calculations.

The purpose of equipment and systems evaluation is to establish specific cases of energy waste and to identify opportunities for reduction waste through operation, maintenance or retrofit action. The major task in a retrofit evaluation is to estimate energy savings associated with specific retrofit actions.

4. EVALUATION TECHNIQUES AND ANALYSIS

4.1 OBJECTIVES

The evaluation techniques and tests described in the "D" documents provide the information required to identify the nature and cause(s) of the client's problem(s). They can help in determining alternate solutions and their impacts on total building performance. This can only be done effectively using a methodology that recognizes the interaction of systems, subsystems, components, functions and occupancies. Bringing these factors together in generating solutions is referred to as the transdisciplinary approach.

The objective of these documents is to offer a cost–effective building evaluation strategy that is tailored to the problem and the client's objectives, priorities, budget and time constraints. The approach must be adapted to post–occupancy evaluation, as well as to other key stages in the project delivery system to help meet overall building performance objectives.

4.2 METHODOLOGY

There are three stages of evaluation measurement dealt with in this series:

Stage I – (a) plan and archive analysis
(b) expert walkthrough
(c) occupancy and use analysis
Stage II – simple measurement techniques
Stage III – specialized in–depth monitoring

The individual problem dictates which evaluation stages are used, and in what order. In principle, all stages can be applied to any of the seven performance areas after occupancy. If the problem or question is a narrow one, only one of the stages may be necessary. During earlier phases of the project delivery system various project documents, along with discussions with the project manager and with design and construction teams, would provide the principal sources of information.

There are various ways to analyze the collected information. When there are clear performance criteria for specific tests, the method of analysis is usually part of the overall procedure In establishing the nature and cause of a problem and identifying alternate solutions, the methods of test and analysis are tailored to the circumstances.

Expert judgment based on specialized and general knowledge of building science and building practice is essential for building performance evaluation. This applies to all levels of evaluation measurement and assessment, but is particularly important in developing recommendations, both from unidisciplinary and transdisciplinary perspectives.

Stage I (a) Plan and Archive Analysis

This technique involves extracting information from available documents such as project, fit–up and retrofit documents, operating records, use and occupancy agreements, and occupant complaint records. This review and assessment is carried out by a project team representing all relevant disciplines.

If the problem or issues is perceived as an environmental one, information collected by both the functional and material performance members of the team is likely to be relevant. A transdisciplinary review of findings is carried out to assess the implications for total building performance. The results are documented.

Stage I (b) Expert Walkthrough

This element of Stage I involves a carefully–planned inspection of all relevant areas and components of the building by the multidisciplinary building performance team.

In a post–occupancy evaluation, the walkthrough takes place during normal working hours with special attention given to the use of the space. The walkthrough would normally follow a Plan and Archive Analysis. The focus of observations depends on the nature of the evaluation. Record–keeping is facilitated by the use of checklists, annotated plans, photographs and tape recordings. A transdisciplinary review of findings is carried out to guide the next phases of the evaluation, and the results are documented.

Stage I (c) Occupancy and Use Analysis

This method involves obtaining information on users' attitudes, perceptions and behaviors. The information is particularly relevant to the evaluation of the environmental science performance attributes which relate to the sensory quality of the environment as perceived by the occupants. Background information on the users and their activities comes from parts (a) and (b) of stage I. In part (c) more detailed observations are made of how the occupants interact with the building. Observations are made of the manner in which modifications were made to the thermal, acoustic or visual environment. Focused interviews are used when more specific information on occupant perception is required. If large numbers of people are involved and/or a statistical approach is appropriate, carefully–formulated questionnaires are used. Skill in the gathering and analysis of use and occupancy information is needed for assessing the functional use attributes of a building. This level of investigation is led by Functional Performance specialists, in association with other specialists on the project team. The techniques employed are described in detail in the Class C and D documents dealing with Functional Performance.

Stage II – Simple Measurement Techniques

A distinction has been made in these documents between simple measurement techniques and in–depth monitoring. In Stage II, the instruments are portable and usually hand–held. Spot measurements are recorded on data sheets as the evaluator moves from one location to another. If the test plan is carefully devised and based on information obtained from Stage I, a Stage II evaluation can provide useful information at moderate costs. This information, when already combined with that obtained by the the multidisciplinary team, may be sufficient to establish the causes of the problem and to identify alternate solutions.

Stage III – Specialized In–depth Monitoring

Stage III evaluation may use some of the same instruments used previously, as well as more sophisticated measuring and recording equipment. A stage III evaluation may

involve time-specific comprehensive measurements of conditions, usually in a large number of locations. It may involve continuous recording of conditions over an extended period of time, usually at a few locations.

A stage III evaluation is more time consuming and costly than stage II. It would normally be used when a problem has been identified, but its nature and cause must still be established.

4.3 THERMAL QUALITY (STAGES II & III EVALUATION)

Comprehensive techniques for thermal evaluation are described in D03 "Thermal Environment Evaluation". In Stage II, calibrated portable instruments are used to measure relative humidity, air temperature, globe temperature and air velocity adjacent to the globe. Operative temperature and dew point temperature are computed from the measurements. Values are compared with ASHRAE 55-81. Clothing and activity levels are estimated and values of PMV and PPD can be determined from ISO 7730. Alternatively, a thermal comfort meter is used which provides a direct readout of operative temperature, PMV and PPD, when preset with the estimated clothing and activity levels and the dew point temperature.

A Stage III evaluation can take either of two approaches, or both if necessary. It may consist of sets of comprehensive measurements taken once or twice, possibly in many locations representing various space characteristics. It may consist of the recording of conditions over an extended period of time at a few selected locations with a multichannel digital recorder. Data can be entered into a microcomputer and analyzed to provide maximum, minimum and average values at each location. Corresponding values of operative temperature and limits in ASHRAE 55-81 may be entered for comparison.

The rate of air flow from the diffusers affecting the workstation is measured using a thermoanemometer or a diffuser "flow hood". The temperature of the supply air is also measured. The results may indicate the cause of thermal deficiencies measured at the workstation.

Rates of change of operative and mean radiant temperatures during temperature cycling and drifting can be compared with ASHRAE requirements. PMV values can be compared with suggested values in ISO 7730. Where comfort criteria are not met, information on the HVAC and exterior enclosure performance characteristics obtained by other team specialists will be relevant in identifying causes and solutions.

4.4 AIR QUALITY (STAGES II AND III EVALUATION)

In document D09, "Air Circulation Evaluation", a stage III method using infrared thermography for visualizing the air flow distribution pattern in a space is described. Thermographic techniques are used to show the movement of a tracer gas from an air supply outlet. This can identify areas of stagnation or deficient fresh air supply. In the same document, a Stage II method using smoke pencils is described. This method

identifies general air flow patterns in a work space from supply to return openings,as well as air movement into, through and out of the space. The document also provides a Stage II method, with similar objectives, using neutral buoyancy balloons.

Air flow from one space to another may be important in identifying sources of contaminants and the effectiveness of exhaust systems. Document D02, "Pollution Migration", describes a Stage III method which uses tracer gas to determine the movement of pollutants generated in one space to other spaces.

The section on "Carbon Dioxide", in the document D01, "Pollutant Evaluation," describes methods of measurement using infrared analyzers. Stage II is used for spot readings and Stage III for recording of profiles for up to 24 hours. Concentrations normally vary throughout the day. Stage I evaluations may provide relevant information on complaints associated with inadequate fresh air. This information can serve as a basis for selecting locations for measurements.

In document D01, "Pollutant Evaluation', the section on "Formaldehyde" describes a Stage III method of measurement that is relatively accurate and can be done within a few hours.

The section on "Volatile Organic Compounds" describes a sophisticated Stage III method for identifying a significant number of contaminants and for determining their concentration values. This method uses a gas chromatograph, mass spectrometer technique. Stage I evaluations may be helpful for reference if there are obvious odors or located sources.

The section on "Radon" outlines a Stage II method of taking short term measurements and a Stage III method for obtaining integrated values for periods of a month or more. Stage I techniques could identify potential sources.

The section on "Particulates", provides a Stage II method for determining the weight of the particles present, and a Stage III method defines particle size distribution in the respirable range. A combination of the two methods gives a good overall picture of particulates in the air. Other levels of observation may identify sources.

The section on "Water Biologicals" describes a stage III method for collecting samples for biological analysis. Stage I observations will identify potential sources.

4.5 ACOUSTIC QUALITY (STAGES II AND III EVALUATION)

Ambient noise levels are an important element in the acoustical performance of most occupied spaces. Document D08, Acoustic Environment Evaluation, provides information on acoustic performance criteria for office occupancies, and describes evaluation methods. Stage I evaluations provide information on what measurements to take, as well as where and when to take them. Stage II evaluation provides spot measurements of both A–weighted and one–third octave band sound level values. A Stage III evaluation allows the recording of data over periods of hours or days. The full–octave sound pressure levels can be compared with NC curves, determination of tones, overall A–weighted values, PNC or RC values.

In the section on "Sound Propagation", the document provides information for rating speech privacy and speech communication. Stage III evaluation determines sound attenuation between locations using a calibrated wide band sound source. When combined with one-third octave band measurements of ambient noise levels the articulation index (AI) is determined.

"Reverberation Time", describes a Stage III method for determining the extent of sound absorption in a particular space. This is directly relevant to the evaluation of sound propagation characteristics.

"Transmission Loss Through Partitions", provides criteria for the sound attenuation of partition systems. It also describes a Stage III method for establishing the effective in-situ transmission loss, noise transmission loss and noise reduction indices. The evaluation also includes the determination of causes of performance deficiencies.

Information is given on health and safety standards for noise levels in the chapter on "Noise-induced Hearing Loss". A Stage II evaluation provides for dosimeters, worn on occupants, to measure accumulated exposure in noisy environments. The Stage III evaluation provides more detailed information on the characteristics of ambient noise.

4.6 VISUAL QUALITY (STAGES I, II AND III EVALUATION)

Evaluation procedures and performance criteria for electric lighting systems are covered in document D10, "Illumination Evaluation." Stage I evaluations provide needed background for evaluation of the building's systems. Computations can identify if the systems normally meet design criteria. Observations,including photometer readings, during the walkthrough, can identify potential problems and causes. Occupant responses to Stage I questionnaires can be useful in identifying spaces requiring special attention.

The stage II evaluation provides comprehensive measurements and computations of a range of lighting indices required for the evaluation of visual quality. These include:

1) illumination levels:
   - illuminance at general locations (interior and exterior);
   - task illuminance;
   - illuminance uniformity ratios;
   - efficacity values.

2) visual performance:
   - task contrast ratios;
   - task, surroundings and background luminance;
   - relative visual performance for a given observer and a given task.

3) glare:
   - veiling luminance;
   - luminance of the light source, ambient background and task;
   - luminance ratios;
   - reflection and transmission of ambient surfaces, such as walls, ceilings, floors, task surfaces.

4) daylighting:
   - daylighting availability and distribution;
   - average daylighting factor

5) control strategies.

6) lighting maintenance program.

7) energy of light source:
   - energy budget.

The values are compared with applicable codes, standard values or guidelines. Solutions to deficiencies are identified.

The stage III evaluation is concerned with providing information on:

- accurate occupancy patterns;
- accurate visual performance parameters;
- sophisticated luminance surveys;
- photometric testing and analysis of luminaires;
- complex surveys of VDT environments;
- complex daylighting surveys;
- daylighting evaluation by models;
- daylighting integration with other building systems; and
- pilot studies for new technologies or new ideas.

Stage III can include a comprehensive computer simulation of lighting conditions at workstations and the surrounding space based on luminaire characteristics, surface characteristics and space geometry. Comparison can be made with field measurements and predictions can be made of the effects of modifications.

4.7 ENERGY EFFECTIVENESS (STAGES I, II AND II EVALUATION)

All steps in Stage I should be followed for a global energy evaluation, as well as making use of utility bills and building information, such as size, occupancy, hours of use and building system type. Other information, such as energy budget data, and year to year consumption trends is often required, as well as the factors associated with energy inefficiency.

A disaggregate picture of energy use is obtained in a Stage II evaluation by: analyzing a composite energy flow through instrumentation and monitoring and isolated energy flows by techniques such as regression analysis and pattern recognition, predictive methods and actual monitoring of the component energy flows. Weather, operational and occupancy effects have to be taken into account.

Equipment and systems analysis for energy effectiveness are usually performed after in-depth monitoring, or after unidisciplinary Stage III evaluations have been completed. Retrofit options can then be identified.

5. EVALUATION METHODOLOGY

5.1 PROJECT INITIATION

The need for total building performance evaluation arises in several contexts:

- the evaluation is in response to a problem in an existing occupied building (for example, an interior environment issue, or a component deficiency or failure);
- a problem is expected based on preliminary evidence or experience in similar situations;
- a retrofit proposal or a completed retrofit requires evaluation;
- a new use or occupancy of an existing building is proposed;
- to ensure that performance requirements, tests and criteria are adequately defined so compliance can be verified, and;
- to verify compliance during design, construction, takeover and post-occupancy.

5.2 THE PROJECT TEAM

Those directly involved in a building performance evaluation are:

1) The client representatives

This group can include owner representatives responsible for the realty business interests, an Operations and Maintenance or a Architecture and Engineering Services representative and (where occupancy and use aspects are an issue), a representative of the tenant agency. In projects having a narrow focus, a single client representative to make decisions on the scope of the project, the objectives, the financial and time constraints and follow-up activities, is sufficient.

2) The Project Manager

The manager for major projects should be an expert in transdisciplinary field studies. For narrow focus projects he or she should be an expert in primary building performance quality issue, and be familiar with the transdisciplinary process.

3) The Performance Evaluation Team

These are experts in performance evaluation. The team might include a design specialist for evaluation of systems and subsystems, before or after modifications. The specialists could be architects, mechanical, electrical or structural engineers or building science technologists. Alternatively, they could be represented by the project manager. They could be provided by Architecture and Engineering Services, or they could be brought in under contract.

5.3 DEVELOPMENT OF THE WORK PLAN

A project normally begins with the client's definition of an objective, requirement, problem, concern or point of dispute. A designated building performance project manager discusses the potential performance issues, applicable evaluation techniques, costs, budgets and time constraints with the client. After agreement to proceed there is an in-depth discussion with the functional, environmental and material science groups to ensure a transdisciplinary planning process.

This is normally followed by a review of relevant building documents and/or an initial walkthrough. The result is a definition of the problem, the principal elements of the evaluation and a preliminary budget.

5.4 FIELD WORK AND RECORDS

The project manager maintains effective communication with the client and with members of the performance evaluation team throughout the evaluation. As information from each element becomes available, the work plan is reassessed and, if necessary, redirected to reflect the new understanding. A fast-track solution might become apparent, or some new uncertainty might arise that calls for a redefinition of the problem and an alternative approach. Following Stage I evaluations, the specific field sampling strategy for Stages II and III can be designed with more confidence. In these levels of field measurement the record-keeping can often be organized so as to facilitate comparison of measured conditions with relevant performance criteria.

5.5 ASSESSMENT AND RECOMMENDATIONS

The first step is to assess the field work results, and to develop recommendations from each team member. If alternate or multiple recommendations are proposed, each is to include a cost/benefit statement. The recommendations are evaluated by the project manager and all members of the performance evaluation team.

The resulting recommendations take into account the impact on all performance attributes. These recommendations are passed on to the client, with all supporting evidence. The client's views are obtained and his concerns resolved, and a final set of recommendations are established to be summarized in a report.

6. RESOURCES AND EVALUATION COSTS

The time and resources required for an evaluation will depend on the nature of the problem and the extent to which environmental issues are involved. Does the problem occur in one location or is it widespread? Is the building small with a single use and occupancy, or is it large with multiple uses and occupancies? Does it involve primarily a single area of expertise, with little or no impact on other aspects of building performance or is it a multifaceted problem involving interactions with other performance attributes and interactions between a number of building components? Can the problem be resolved by expert judgment through study of the building documents and records, plus a walkthrough, or does it require higher levels of measurement and observation, plus in-depth monitoring?

The requirements will emerge during discussions with the client, and through development of the work plan. Generally, some preliminary assessment is required before firm costs can be established. Information on typical resources and costs of environmental evaluations at different levels of measurement are given in the D documents.

The costs of a transdisciplinary performance evaluation are normally a fraction of the potential savings in O&M costs. These costs are even smaller when compared to the value to be realized from the improved efficiency and effectiveness of the enterprise being accommodated. These costs should thus be viewed as a sound investment.

7. BUILDING PERFORMANCE EVALUATION DOCUMENT LIST

Documents in this series have been divided into four classes. Class A documents describe the use of documents in the other three classes. Class B is a catalogue of tests which includes an index and cross reference list. Class C documents provide an overview of the three performance areas and summarize the Class D documents in the respective area. Class D documents contain descriptions of performance attributes and detail means of assessing those attributes.

	A1	Project Manager's Guide
	A2	Property Manager's Guide
	B1	Catalogue of Tests
Overviews	C1	Environmental and Energy Performance
	C2	Functional Performance
	C3	Systems and Material Performance
Environmental and Energy Performance	D01	Pollutant Evaluation
	D02	Pollution Migration
	D03	Thermal Environment Evaluation
	D04	Global Evaluation: Energy Performance
	D05	Component Evaluation: Energy Performance
	D06	Equipment and Systems Evaluation: Energy Performance
	D07	Retrofit Evaluation: Energy Performance
	D08	Acoustic Environment Evaluation
	D09	Air Circulation Evaluation
	D10	Illumination Evaluation
	D11	Weather Data Collection
Functional Performance	D20	Record and Archive Analysis
	D21	Plan Annotation
	D22	Focused Interviews
	D23	Questionnaires
	D24	Observation
Systems and Material Performance	D30	Structural Walls and Columns: Condition Survey
	D31	Structural Slabs and Roofs: Condition Survey
	D32	Parking Garages: Condition Survey
	D33	Mechanical Systems Evaluation
	D34	Mechanical Controls Evaluation
	D35	Electrical Systems Evaluation
	D36	Airtightness and Pressure Monitoring
	D37	Measurement of Outdoor Air Supply Rate
	D38	Thermographic Inspections of Building Enclosures
	D39	Thermal Resistance Measurement
	D40	Moisture Content Inspections
	D41	Roofing Systems Evaluation

Travaux publics Canada
Services d'architecture et de génie

Public Works Canada
Architectural and Engineering Services

Série sur l'évaluation du rendement des immeubles

Rendement énergétique et environnemental

Document C1

Canada

Série sur l'évaluation du rendement des immeubles

Rendement énergétique et environnemental

Document C1

SAG 1-4:86-21

mars 1988

Le ministre des Travaux publics ne fait aucune recommandation et n'offre aucune garantie expresse ou implicite, à propos de la présente publication ou des programmes ou renseignements qui y sont décrits, pas plus qu'à l'égard de leur qualité, de leur valeur commerciale ou de leur aptitude à remplir des fins particulières ou à produire un résultat particulier. Le Ministre ou Sa Majesté la Reine du droit du Canada ou ses employés, serviteurs ou agents ne sauraient en aucun cas être responsables envers qui que ce soit de tout tort direct, indirect ou conséquent découlant de l'emploi de ladite publication ou des programmes ou renseignements qu'elle contient.

Publiés par les Services d'architecture et de génie
Travaux publics Canada

Travaux publics Canada | Public Works Canada

FICHE SIGNALÉTIQUE DE DOCUMENT

1. Titre du document RENDEMENT ENVIRONNEMENTAL ET ÉNERGÉTIQUE	2. Numéro de contrôle AES/SAG 1-4:86-21
	3. Date mars 1988
4. Auteur(s) K. Jaeggin	5. No de réf. du conseil
6. Chargé de projet	7. No de la collection technique C1
8. Nom et adresse de l'organisme rédacteur Division du rendement des immeubles, T.P.C. Local C-548, Édifice Sir Charles Tupper Promenade Riverside, Ottawa, Ontario, K1A 0M2 Téléphone: (613) 998-7830	9. Type de document Lignes directrices
	10. Nombre de pages 27
11. Nom et adresse de l'organisme promoteur Technologie du design, de la construction et de l'immobilier Programmes de soutien à la gestion immobilière fédérale Logement	12. No de dossier de TPC A4270-16
	13. No de projet de TPC 602055
14. Notes Toutes questions ou commentaires doivent être dirigés à l'organisme rédacteur, se référer à 8 ci-haut.	15. No de publication de ASC
	16. ISBN

17. Résumé

Ce document décrit l'approche du rendement global à l'évaluation d'un immeuble et les méthodes disponibles pour l'évaluation énergétique et environnemental. Les exigences de rendement et les méthodes pour évaluer les conditions environnementales dans les immeubles sont données. L'application de ces méthodes d'évaluation dans le processus de développement du projet et dans la résolution des problèmes de rendement lorsque apparentes dans l'opération ou la gestion du bâtiment est également décrite.

Le rendement énergétique et environnemental regroupe cinq des sept attributs du rendement global des immeubles; squalités thermale, acoustique, de l'air, visuelle, et efficacité énergétique. Il couvre également les conditions physiques de l'environnement relatives aux exigences, besions, et activités et les fonctions et processus présents à la station de travail et dans les autres espaces dans l'immeuble. Les indices du rendement énergétique et les critères de rendement qui aident à définir les facteurs influencant l'environnement dans ses limites et au-delà de ces espaces sont discutés.

Une approche pour l'efficacité énergétique est discutée laquelle minimise l'usage de l'énergie et les coûts du cycle de vie sans toutefois défavoriser les autres aspects du rendement global des immeubles.

18. Diffusion Exemplaires disponibles: Centre de documentation Services d'architecture et de génie Travaux publics Canada Édifice Sir Charles Tupper Promenade Riverside Ottawa, Ontario K1A 0M2	19. Mots clés	
	20. No de catalogue du centre de documentation BP C1b	21. Prix

DPW 2398 (86/09)

TABLE DES MATIÈRES

	PRÉFACE	*vii*
1.	**INTRODUCTION À L'ÉVALUATION GLOBALE DU RENDEMENT DES IMMEUBLES**	*1*
2.	**DÉFINITION DU RENDEMENT ENVIRONNEMENTAL**	*4*
2.1	Rapport avec le rendement des systèmes et des matériaux	*5*
2.2	Rapport avec le rendement fonctionnel	*5*
2.3	Rapport avec l'exploitation de l'immeuble	*5*
2.4	Évaluation du rendement environnemental et le Système de réalisation des projets	*5*
3.	**INDICES DE RENDEMENT ENVIRONNEMENTAL**	*7*
3.1	Qualité thermique	*7*
3.1.1	Indices de confort thermique	*7*
3.2	Qualité de l'air	*8*
3.2.1	Indices de la qualité de l'air	*9*
3.3	Qualité acoustique	*11*
3.3.1	Indices de la qualité acoustique	*12*
3.4	Qualité visuelle	*14*
3.4.1	Indices quantitatifs et qualitatifs des attributs visuels	*14*
3.5	Rendement énergétique	*16*
3.5.1	Indices de rendement énergétique	*16*
4.	**TECHNIQUES ET ANALYSE D'ÉVALUATION**	*17*
4.1	Objectifs	*17*
4.2	Méthodologie	*17*
4.3	Qualité thermique (Évaluation des étapes II et III)	*19*
4.4	Qualité de l'air (Évaluation des étapes II et III)	*20*
4.5	Qualité acoustique (Évaluation des étapes II et III)	*21*
4.6	Qualité visuelle (Évaluation des étapes I, II et III)	*22*
4.7	Rendement énergétique (Évaluation des étapes I, II et III)	*23*
5.	**MÉTHODOLOGIE D'ÉVALUATION**	*24*
5.1	Lancement des projets	*24*
5.2	L'équipe de projet	*24*
5.3	Établissement du plan de travail	*25*
5.4	Travaux sur place et relevés	*25*
5.5	Évaluation et recommandations	*25*
6.	**RESSOURCES ET COÛTS D'ÉVALUATION**	*26*
7.	**LISTE DE DOCUMENTS ÉVALUANT LE RENDEMENT DES IMMEUBLES**	*27*

PRÉFACE

Le présent document vise à montrer comment aborder l'évaluation des immeubles du point de vue du rendement global, et à décrire les méthodes disponibles pourl'évaluation du rendement environnemental et énergétique. À cette fin, il indique les exigences de rendement et les méthodes d'évaluation du milieu des espaces d'immeubles. L'objectif est de montrer comment appliquer ces méthodes au processus de réalisation des projets et résoudre les problèmes qui surviennent dans l'exploitation et la gestion des immeubles.

Le présent document fait partie d'une série de publications qui décrivent la façon d'aborder l'évaluation des immeubles du point de vue du rendement global.Dans cette série, les documents de classe A donnent plus de détails sur l'évaluation transdisciplinaire du rendement global des immeubles. Ils expliquent les rapports entre cette évaluation et celle des sept attributs de rendement suivants :

- qualité visuelle
- qualité acoustique
- qualité de l'air
- qualité thermique
- qualité fonctionnelle
- intégrité de l'immeuble
- rendement énergétique

Le document de classe B est un répertoire d'essais.

Il existe un document de classe C pour chacun des trois domaines de rendement : systèmes et matériaux, environnement et énergie, et fonctionnalité.

Le présent document traite des sciences du milieu, qui s'intéressent à la mesure dans laquelle un immeuble offre les qualités voulues (acoustique, visuelle, thermique et qualité de l'air) dans les espaces occupés, tout en utilisant le moins possible d'énergie.

Les deux autres documents de classe C traitent du rendement fonctionnel et du rendement des systèmes et des matériaux.

Le rendement fonctionnel mesure à quel degré l'immeuble satisfait aux besoins fonctionnels des occupants dans le contexte des activités de ces derniers. Il s'agit de définir les besoins des occupants, le rendement spatial, l'adaptation des utilisateurs à l'immeuble et leur utilisation de l'immeuble, ainsi que de déterminer ce que les occupants pensent de la qualité de l'immeuble.

Le rendement des systèmes et des matériaux se rapporte au rendement exigé des matériaux et systèmes qui constituent l'ensemble de l'installation. Ce domainetraite de l'intégrité de l'immeuble et du rendement de l'enceinte de l'immeuble et des sous–systèmes mécaniques et électriques.

Les documents de classe D décrivent diverses techniques d'évaluation et les critères connexes de rendement.

1. INTRODUCTION À L'ÉVALUATION GLOBALE DU RENDEMENT DES IMMEUBLES

Les immeubles, quelle que soit leur catégorie d'occupation, font aujourd'hui l'objet d'exigences plus complexes. La nature des fonctions de l'utilisateur, des activités et des processus qui y sont exécutés évolue, et les immeubles doivent s'adapter. Pour faciliter la mise en place dans les bureaux de systèmes électroniques, on exige aujourd'hui des bureaux plus facilement adaptables, ce qui exerce certaines pressions sur les systèmes en place. Les impératifs économiques et sociaux changent eux aussi. Les coûts d'énergie, de construction, d'exploitation et d'entretien, ainsi que d'autres coûts, ont grimpé. Les propriétaires et les occupants sont devenus plus exigeants, et les codes et normes visant la sécurité et l'hygiène deviennent plus stricts. Ces nouvelles exigences ont mené à l'emploi de nouveaux matériaux, composants et systèmes, ainsi qu'à la conversion et la rénovation d'immeubles existants. Tout cela se traduit en de plus grands défis pour les concepteurs, constructeurs et exploitants d'immeubles.

Une définition plus précise du rendement exigé s'impose aux étapes de la conception, de la programmation, du design, de l'aménagement, de l'exploitation et de conversion. Au stade de la conception, il faut pouvoir prévoir avec plus de précision les effets des divers partis sur tous les aspects du rendement de l'immeuble. Il faut mesurer et évaluer tous les principaux aspects du rendement de l'immeuble pendant le processus de réalisation des projets, aux étapes de la planification, de la conception, de la construction, de la mise en service et de la post–occupation. Il faut diagnostiquer et résoudre les problèmes qui surviennent dans l'exploitation et l'utilisation.

L'évaluation du rendement global d'un immeuble est l'un des principaux moyens de satisfaire ces besoins. L'évaluation du rendement exige que soient définis :

- "les caractéristiques de rendement ou les attributs" c'est–à–dire une liste des qualités ou propriétés que doit avoir un sous–système ou un composant pour fonctionner conformément aux besoins du propriétaire ou des utilisateurs;
- "les objectifs ou exigences de rendement:" C'est–à–dire un énoncé qualitatif du rendement recherché;
- "les niveaux ou critères de rendement:" C'est–à–dire un énoncé quantitatif du rendement recherché,
- "les indices ou les mesures du rendement:" C'est–à–dire des niveaux de rendement définis,
- "les méthodes d'essai et d'analyse qui permettront de vérifier la conformité."

Ce processus permet d'établir le rendement d'un immeuble et d'en déceler les points faibles. Il aide aussi à formuler de meilleurs critères de rendement et méthodes de prédiction et à améliorer les méthodes de conception, de construction et d'exploitation.

Les exigences de rendement peuvent être définies à plusieurs niveaux :

- la communauté ou le quartier;
- le chantier;
- l'immeuble et les espaces clos;
- le poste de travail;

- les sous–systèmes;
- les matériaux et les composants.

Des progrès ont été réalisés dans la définition des exigences, des indices et des critères de rendement et dans la mise au point des méthodes d'essai des matériaux et des composants. Exemple; le Devis directeur national et les normes auxquelles il renvoie. Par contre, il reste encore beaucoup à faire au niveau des immeubles, des espaces dans les immeubles, des postes de travail et des sous–systèmes, qui sont les principaux éléments visés par l'évaluation du rendement global des immeubles. Cette approche vise essentiellement à évaluer le rendement en fonction des facteurs suivants :

- les exigences des besoins des propriétaires et des activités des utilisateurs,
- la nécessité pour l'espace intérieur d'offrir aux utilisateurs et à leurs activités ou processus un milieu acceptable,
- la nécessité pour les sous–systèmes de satisfaire les besoins des usagers et de leurs activités, et de leurs exigences.

Ces aspects du rendement peuvent être définis à l'aide d'un certain nombre d'attributs primaires de rendement et de leurs subdivisions. Il est important de reconnaître la nature complexe de ces attributs de rendement et des rapports qui existent entre eux. Il est très facile d'atteindre un objectif de rendement aux dépens d'un autre. Pour minimiser cette possibilité, l'évaluation du rendement global des immeubles doit être abordée dans une optique transdisciplinaire, c'est–à–dire qui dépasse le cloisonnement entre les disciplines traditionnelles.

Le rendement global d'un immeuble est défini à l'aide de sept attributs de rendement.

- la qualité fonctionnelle,
- la qualité acoustique,
- la qualité visuelle,
- la qualité thermique,
- la qualité de l'air,
- l'intégrité de l'immeuble,
- le rendement énergétique.

Ces attributs de rendement font intervenir trois domaines de responsabilité :

- le rendement fonctionnel,
- le rendement environnemental et énergétique,
- le rendement des systèmes et du matériel.

Ces trois domaines englobent toute une gamme de compétences et un certain nombre de disciplines. Ils s'appuient mutuellement et sont interdépendants dans le contexte du rendement global de l'immeuble.

Le rendement d'un immeuble peut être évalué à l'aide de trois critères :

(1) La mesure dans laquelle l'immeuble satisfait les besoins fonctionnels des occupants dans le contexte des activités de ces derniers. Ce critère intéresse surtout ceux qui participent à l'Evaluation du Rendement Fonctionnel d'un immeuble et ceux qui sont chargés de la gestion des activités poursuivies de l'immeuble.

Ces personnes qui entrent en jeu sont celles qui permettent d'identifier les besoins du propriétaire et des utilisateurs. Les intéressés seront peut-être:

- les propriétaires;
- les groupes d'utilisateurs;
- les chefs de bureau;
- les architectes;
- les responsables de la programmation fonctionnelle;
- les architectes d'intérieur;
- les gestionnaires de programmes et d'installations;
- les ingénieurs des systèmes (sûreté, sécurité incendie, chauffage,ventilation et climatisation, éclairage, etc.);
- les spécialistes (aménagement paysager, oeuvres d'art, services alimentaires, transports verticaux).

(2) La mesure dans laquelle l'immeuble offre les qualités acoustique, visuelle et thermique recherchées et la qualité d'air voulue dans les espaces occupés, tout en utilisant le moins possible d'énergie. Cette question intéresse surtout ceux qui participent à l'évaluation du rendement environnemental et énergétique et les responsables de l'exploitation et de l'entretien de l'immeuble. Les groupes concernés comprennent généralement :

- les architectes,
- les ingénieurs du chauffage, de la ventilation et de la climatisation,
- les éclairagistes et les électriciens-conseils,
- les acousticiens,
- les spécialistes de l'hygiène, de la sécurité et de la qualité de l'air,
- les gestionnaires de programmes et d'installations,
- le personnel d'exploitation et d'entretien.

(3) La mesure dans laquelle les matériaux et les systèmes qui constituent l'installation satisfont aux exigences de rendement précisées dans les documents contractuels. Cela intéresse surtout ceux qui participent à l'Evaluation du Rendement des Systèmes et des Matériaux et les responsables de la conception et de la construction de l'installation. Il s'agit d'un domaine extrêmement important pour les gestionnaires des installations et pour le personnel d'exploitation et d'entretien. Les spécialistes concernés comprennent généralement :

- les architectes,
- les ingénieurs-conseils en structures, en mécanique et en électricité,
- les directeurs de projet,
- les organismes de rédaction des spécifications, d'inspection et de contrôle de la qualité,
- le maître d'oeuvre et les sous-traitants.
- les ingénieurs techniques.

2. DÉFINITON DU RENDEMENT ENVIRONNEMENTAL

Le rendement environnemental et énergétique aborde cinq des sept attributs de rendement visés par le rendement global de l'immeuble :

- qualité thermique,
- qualité acoustique,
- qualité de l'air,
- qualité visuelle,
- rendement énergétique

L'évaluation du rendement environnemental consiste à ;

- définir les conditions matérielles ambiantes du poste de travail et des espaces de l'immeuble par rapport aux besoins et activités des utilisateurs, ainsi que les besoins des fonctions et des processus qui y sont exécutés;
- définir les facteurs qui, dans chaque espace, à la périphérie de chaque espace et au delà de chaque espace, influencent les conditions ambiantes de cet espace;
- choisir ou mettre au point des mesures (indices) du rendement environnemental et des critères de rendement;
- trouver des solutions efficaces aux problèmes environnementaux;
- cerner et évaluer les principaux facteurs de rendement énergétique.

Les espaces d'immeuble qui nous intéressent particulièrement sont ceux qui sont destinés à l'occupation et à l'utilisation, par exemple :

- les postes de travail,
- les bureaux collectifs,
- les bureaux particuliers,
- les salles d'ordinateurs,
- les salles de conférence,
- les espaces publics,
- les halls,
- les auditoriums.

On peut évaluer les conditions ambiantes de ces locaux en examinant si elles varient dans l'espace et dans le temps (à long terme et à court terme).

La consommation d'énergie d'un immeuble est influencée par les caractéristiques de rendement d'un grand nombre des systèmes et composants architecturaux, mécaniques et électriques et par l'utilisation et l'exploitation de l'immeuble. Certaines mesures d'économie d'énergie peuvent nuire à la qualité du rendement environnemental, auquel cas il faut tenir compte de la qualité du milieu, car l'adoption de mesures maladroites peut faire qu'un immeuble ne répond pas aux critères de rendement fondamentaux et ne satisfait pas les occupants. Par exemple une réduction de l'arrivée d'air frais ou une réduction de la circulation d'air totale peut faire baisser la qualité de l'air. Un chauffage insuffisant en hiver et une climatisation insuffisante en été peut causer l'inconfort thermique. La mise hors service de certains appareils d'éclairage peut donner lieu à des niveaux d'éclairage insuffisants ou manquant d'uniformité.

Il est bon d'aborder la conservation de l'énergie dans une optique transdisciplinaire, car cela veut dire qu'on tiendra compte de tous les autres attributs de rendement de l'immeuble. On entend par rendement énergétique la minimisation de la consommation d'énergie et des coûts du cycle de vie sans nuire aux autres aspects du rendement global de l'immeuble. Les documents de classe D sur le rendement énergétique décrivent les techniques à utiliser pour évaluer le rendement énergétique des immeubles et du matériel.

2.1 RAPPORT AVEC LE RENDEMENT DES SYSTÈMES ET DES MATÉRIAUX

Les conditions ambiantes d'un espace de l'immeuble sont généralement influencées par les conditions qui existent à l'extérieur et dans les espaces intérieurs adjacents. Il peut être nécessaire de connaître les caractéristiques de l'enveloppe externe et des divers espaces intérieurs.

Le rendement environnemental est influencé par les caractéristiques des matériaux et des composants de l'ameublement et par les démarcations spatiales. Il est influencé également par les caractéristiques d'exploitation de l'équipement et des systèmes qui assurent le chauffage, le refroidissement, la climatisation, la ventilation, l'éclairage et d'autres services. Les exigences et les critères de rendement environnemental comptent beaucoup dans la sélection et l'exploitation de ces composants et systèmes.

2.2 RAPPORT AVEC LE RENDEMENT FONCTIONNEL

La fonction ou l'utilisation de l'espace et les activités des utilisateurs influence les exigences et les critères de rendement environnemental. Les espaces abritant un équipement sensible à l'humidité,(par exemple les salles d'ordinateurs), peuvent exiger un réglage minutieux de l'humidité relative et de la température. Les espaces utilisés pour des processus sensibles à la contamination par les particules peuvent exiger un filtrage spécial et le contrôle de la circulation d'air. Les résultats de l'évaluation l'utilisation fonctionnelle peuvent contribuer beaucoup à une évaluation du milieu.

2.3 RAPPORT AVEC L'EXPLOITATION DE L'IMMEUBLE

La qualité du milieu dépend des caractéristiques de rendement des composants et systèmes de l'immeuble et de la façon dont sont exploités l'immeuble et ses systèmes. Les critères de rendement offrent des objectifs d'exploitation. Les méthodes d'évaluation permettent d'établir dans quelle mesure ces objectifs sont réalisés. Les techniques et critères d'évaluation du rendement environnemental permettent également d'établir la cause des plaintes. Ces techniques et critères intéressent donc particulièrement les gestionnaires et le personnel de l'exploitation et de l'entretien.

2.4 ÉVALUATION DU RENDEMENT ENVIRONNEMENTAL ET LE SYSTÈME DE RÉALISATION DES PROJETS

Le processus d'évaluation du rendement global d'un immeuble est utile pour la plupart des aspects du système de réalisation des projets parce qu'il permet d'évaluer le rendement prévu en fonction des buts et objectifs, des exigences de rendement et des objectifs de calcul des matériaux, des composants et des systèmes, des exigences de mise en service et de démarrage, et de l'évaluation post-occupation.

Le rendement environnemental stratégique devrait être identifié aux étapes de la définition du projet et du design. Cela influencera le choix des caractéristiques de l'enveloppe de l'immeuble, des séparations internes et des surfaces intérieures. Cela influencera également les exigences de rendement des systèmes mécaniques et électriques.

Il faudrait évaluer toutes les options de design en fonction de leurs effets sur les critères de rendement. Il est possible d'appliquer certaines des méthodes décrites dans les documents de classe "D". D'autres méthodes sont stipulées dans les codes, les normes ou les spécifications deconstruction.

Les documents de construction devraient faire état des critères de rendement et des méthodes d'évaluation appropriées. L'évaluation du rendement de certains sous-systèmes et de leurs composants peut se faire sur des maquettes ou dans l'immeuble lui-même pendant les premières étapes des travaux de construction.

Certaines évaluations peuvent être effectuées dans le cadre de l'évaluation et cela avant même de délivrer le certificat d'acceptance. L'évaluation du rendement environnemental de l'immeuble mis en service exige que l'immeuble soit terminé et opérationnel. Mais, si les évaluations peuvent être faites avant que les sous-systèmes ne commencent à influencer le rendement environnemental, il sera plus facile de satisfaire les critères énoncés dans l'exposé du design.

Les méthodes d'évaluation peuvent servir à établir le rendement pendant le processus de la mise en service. Les critères de rendement environnemental peuvent servir de repères pour les solutions d'architecture intérieure à l'étape de l'aménagement. Les critères donnent des lignes directrices sur l'exploitation de l'immeuble. Les connaissances acquises à toutes les étapes de l'évaluation du rendement global de l'immeuble, y compris après l'occupation, contribuent à l'amélioration des études de conception, du processus de design et de l'exploitation de l'immeuble.

3. INDICES DE RENDEMENT ENVIRONNEMENTAL

3.1 QUALITÉ THERMIQUE

La qualité thermique se rapporte aux caractéristiques d'un espace et de ses limites matérielles qui influencent sensiblement les conditions thermiques dans lesquelles se trouvent les occupants et les objets situés dans cet espace.

Le rendement thermique d'un espace est crucial au confort des occupants. Un manque de confort thermique peut mener au stress physiologique et peut empêcher les occupants d'exécuter efficacement les fonctions auxquelles l'espace est destiné. Un mauvais rendement thermique peut nuire à la santé. Les conditions thermiques peuvent également influencer le rendement d'objets ou d'équipement se trouvant dans les espaces en question, par exemple la préservation d'oeuvres d'art ou le fonctionnement d'équipement électronique.

3.1.1 Indices de confort thermique

On peut définir le confort thermique comme étant l'état qui correspond à un milieu thermique satisfaisant. La perception de confort thermique est liée au rythme de production de chaleur corporelle de chacun et au rythme de son transfert au milieu pour plus de détails, voir le document D03, Évaluation de l'ambiance thermique. Le rythme de production de chaleur corporelle dépend de l'activité de chacun. Le rythme de transfert au milieu dépend de la valeur isolante des vêtements de chacun et de conditions ambiantes comme :

- la température de l'air (de thermomètre sec);
- le rayonnement thermique;
- la circulation d'air;
- l'humidité.

Les échanges caloriques globaux par rayonnement entre une personne et les surfaces de l'espace où elle se trouve sont définis par la température radiante moyenne. L'échange calorique par convection dépend de la température ambiante et de la circulation de l'air. Pour plus de commodité, on se sert souvent de l'expression température équivalente pour définir l'ambiance thermique par rapport aux échanges caloriques combinés d'une personne par rayonnement et par convection. L'humidité ambiante est exprimée sous forme d'humidité relative, de température de thermomètre humide et de température au point de rosée.

Des corrélations statistiques ont été établies entre la réaction thermique, la température équivalente et l'humidité. L'équation de confort de Fanger, basée sur ces corrélations, donne la valeur moyenne prévue (VMP) d'un groupe de personnes, basée sur une échelle de sensation thermique, que l'on met alors en corrélation avec le pourcentage prévu d'insatisfaction (PPI). On a établi que, dans un milieu uniforme, 95 p. 100 environ des membres d'un grand groupe trouvent confortables des conditions que la moyenne considère neutre d'un point de vue thermique (VMP = 0). Environ 80 p. 100 trouvent acceptables des conditions légèrement chaudes ou légèrement froides (Norme

7730, "Ambiances thermiques modérées – Détermination des indices VMP et PPI et spécifications des conditions de confort thermique").

L'abaque de confort de l'American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) définit les gammes de température équivalente et d'humidité où 80 p. 100 au moins des occupants sédentaires trouveront acceptables les conditions thermiques. Cet abaque sert de base à la Norme 55-1981 de l'ASHRAE, "Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy".

La norme de l'ASHRAE comprend certains rapports qui permettent de tenir compte des variations dans la valeur isolante des vêtements, le niveau d'activité et la circulation de l'air. Des critères sont donnés pour le taux admissible de changement de la température équivalente dans des conditions de fonctionnement séquentiel. Des critères sont également fournis pour le taux de changement de la température équivalente d'un niveau à un autre (glissements de température ou rampes). D'autres critères permettent de tenir compte de l'échange par rayonnement avec des surfaces chaudes ou froides, qui peut causer un inconfort localisé, et de tenir compte des variations verticales de la température de l'air au sein de la zone occupée.

Les caractéristiques de rendement d'un certain nombre de sous-systèmes et composants d'immeuble influencent le rendement thermique de l'espace. L'évaluation de ces caractéristiques peut jouer un rôle important dans l'évaluation du rendement global de l'immeuble (on traite de ces systèmes et composants dans les documents sur les sciences des matériaux). Les systèmes de réglage de la température et de l'humidité influencent les variations de température dans l'espace et dans le temps.

Les caractéristiques de la distribution d'air des unités terminales influencent l'uniformité de la température et la circulation de l'air au sein de la zone occupée. Les caractéristiques thermiques des murs extérieurs, des fenêtres et des luminaires influencent les températures radiantes moyennes et l'asymétrie du rayonnement. L'emplacement et la configuration des écrans de bureau et autres éléments d'aménagement des bureaux paysagers peuvent influencer les températures locales et la circulation de l'air. Il faut tenir compte des caractéristiques de rendement de ces éléments quand on cherche à diagnostiquer la cause de problèmes et à leur trouver des solutions.

3.2 QUALITÉ DE L'AIR

On entend par qualité de l'air l'acceptabilité de la composition de l'air ambiant du point de vue de la santé et du confort des occupants. L'air est surtout composé d'oxygène et d'azote, mais peut contenir de nombreux polluants dont la concentration peut aller de niveaux déplaisants à des niveaux dangereux.

L'air intérieur peut contenir un plus grand nombre de contaminants et en plus fortes concentrations que l'air extérieur. À l'intérieur, ces contaminants peuvent provenir de sources comme les gaz qui se dégagent de certains matériaux de construction et de l'ameublement; certains composants des matériaux de nettoyage et de décoration; des activités humaines et des processus de travail.

Au nombre des mesures prises pour réduire les niveaux de pollution, citons :

- l'élimination ou la minimisation des sources (enlèvement de la source);
- la collecte et l'évacuation des polluants à leur source (confinement à la source);
- la filtration de l'air intérieur;
- la dilution de l'air intérieur par de l'air frais de l'extérieur (ventilation).

Toutes ces mesures doivent être utilisées de façon soignée (notamment la réduction des émissions de contaminants à la source). Un grand nombre de contaminants en quantités importantes peuvent s'introduire dans l'espace occupé. Une solution pratique consiste à diluer l'air intérieur avec de l'air extérieur toutefois, pour que la dilution soit utile, il faut introduire une quantité suffisante d'air extérieur et la répartir là où il le faut dans l'espace occupé.

Les mesures prises pour atteindre d'autres objectifs de rendement peuvent nuire à l'introduction et à la distribution de l'air extérieur. Quand l'arrivée d'air frais est réduite pendant les heures de repos dans le but d'économiser l'énergie, cela peut influencer la quantité et la distribution d'air frais. À titre d'exemple, on peut avoir une concentration excessive de contaminants provenant du dégagement des gaz quand on règle la température en modulant le taux d'écoulement de l'air de conditionnement. Cela peut réduire la quantité et la distribution d'air frais.

3.2.1 Indices de la qualité de l'air

La norme 62–1981 de l'ASHRAE, "Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality", est le principal document de référence utilisé en Amérique du Nord pour concevoir les systèmes de ventilation des locaux commerciaux, institutionnels et résidentiels. Cette norme donne deux approches :

(1) une méthode basée sur le taux de ventilation, qui indique les exigences minimales d'air frais pour diverses conditions d'occupation;

(2) une méthode basée sur la qualité de l'air intérieur, qui indique les niveaux de concentration acceptables d'une variété de contaminants.

La première méthode est généralement utilisée par les concepteurs d'immeubles. Pour les besoins de l'évaluation du rendement d'un immeuble, les taux d'air frais indiqués offrent un point de référence pour le diagnostic des problèmes de qualité de l'air intérieur. Il se peut toutefois que les immeubles qui satisfont à ces exigences aient un air intérieur d'une qualité inacceptable en raison d'une mauvaise distribution, des méthodes d'exploitation de l'immeuble ou de la présence de contaminants inhabituels. Il est alors nécessaire de mesurer les niveaux de concentration pour les comparer aux normes publiées.

En l'absence de directives du gouvernement fédéral se rapportant expressément à la qualité de l'air pour divers types d'occupation d'immeuble, Travaux publics Canada se réfère généralement à la norme 62–81 de l'ASHRAE. Cette norme indique les valeurs correspondant à une exposition continue à long terme à un petit nombre de produits chimiques. Dans le cas d'autres produits chimiques, la norme recommande d'utiliser le

dixième des valeurs d'exposition établies par l'Occupational Safety and Health Administration (OSHA) pour les employés des secteurs industriels travaillant 40 heures par semaine. Pour les milieux industriels, le Conseil du Trésor a retenu comme exigences minimales les normes de concentration établies par l'American Conference of Governmental and Industrial Hygienists (ACGIH).

Les documents DO1 "Evaluation des polluants" donnent des détails sur les critères de concentration et sur les méthodes utilisées pour mesurer les contaminants décrits cidessous :

Gaz carbonique

L'air extérieur contient un niveau naturel de gaz carbonique qui devient plus élevé dans les immeubles du fait de la respiration et, parfois, des produits de combustion non évacués. Bien que les concentrations maximales de gaz carbonique soient rarement dépassées, des relevés peuvent indiquer si l'arrivée d'air extérieur est suffisante dans les bureaux ou d'autres types de locaux. Quand la présence et l'activité des personnes constituent une source importante de contamination. Comme la plupart du gaz carbonique provient de la respiration et que la concentration dans l'air extérieur est relativement uniforme, la concentration de gaz carbonique à l'intérieur dépend du nombre d'occupants de l'édifice et de l'efficacité de la ventilation.

Monoxyde de carbone

La principale source de monoxyde de carbone est l'échappement des moteurs à combustion interne. Les garages de stationnement et les baies de chargement sont des sources potentielles. Une autre source possible est une circulation automobile intense à l'extérieur.

Formaldéhyde

Les résines et les colles utilisées dans une variété de produits et d'articles d'ameublement comptent parmi les principales sources de formaldéhyde. On s'inquiète actuellement des risques que ce gaz peut présenter à la santé.

Composés organiques volatils

Les composés organiques volatils comprennent toute une gamme de gaz (en majeure partie des solvants), pour la plupart synthétiques. À l'intérieur, il s'agit, par exemple, des gaz qui se dégagent des matériaux de construction et des articles d'ameublement, des produits chimiques utilisés dans les photocopieurs, et de composants de produits de nettoyage et de décoration.

Radon

Le radon est un gaz radioactif produit par la décomposition d'éléments radioactifs que l'on trouve parfois dans le sol, la roche, les eaux souterraines, le béton et la maçonnerie. Les espaces situés au-dessous du niveau du sol sont susceptibles d'être exposés au radon.

Particules respirables

Les particules respirables sont des particules de poussière qui peuvent être inhalées et emmagasinées dans le système respiratoire. La fumée de tabac est la principale source intérieure de ces particules. Les produits de nettoyage et d'entretien produisent des particules respirables. Les autres sources comprennent les particules minérales et organiques et les fibres des matériaux de finition, des isolants, des tapis et des vêtements.

Matières biologiques

Il s'agit des bactéries, des levures et des moisissures. Ces produits sont présents dans l'eau, et quand ils sont associés avec les systèmes mécaniques, ils peuvent être libérés dans l'air de ventilation. Certaines espèces ont des spores qui peuvent créer des colonies de champignons ou de bactéries, notamment dans les zones d'humidité élevée comme les tours de refroidissement, les condensateurs à évaporation, les laveurs d'air et les chauffeaux. L'exemple classique d'une maladie grave produite par de telles sources est l'épidémie de legionellosis surnommée la "Maladie du légionnaire".

3.3 QUALITÉ ACOUSTIQUE

La qualité acoustique se rapporte aux caractéristiques acoustiques d'un espace et de ses limites matérielles, de ses systèmes et sous–systèmes et des matériaux intérieurs, ainsi que de son utilisation par les occupants, qui influencent dans une large mesure le confort, la sécurité et l'hygiène des occupants.

Les caractéristiques acoustiques d'un lieu de travail contribuent dans une grande part à la qualité globale d'un immeuble, et sont étroitement liées aux autres aspects de la qualité d'un immeuble comme la ventilation, la circulation de l'air, le confort thermique, l'éclairage et l'utilisation de l'espace, y compris l'emplacement de tout équipement bruyant. L'objectif du système acoustique est de créer un milieu où les occupants se sentent à l'aise et peuvent remplir leurs fonctions de façon efficace. Toutefois, depuis l'introduction des bureaux à aire ouverte, les problèmes de bruit et d'atténuation du son ont fait concentrer l'attention sur les essais et les mesures acoustiques. Lorsque la cause des problèmes est trouvée et des solutions ont été développés, les caractéristiques suivantes doivent être considérées : les propriétés acoustiques des surfaces des séparateurs, des murs, du plancher et du plafond; les caractéristiques du son généré et transmis par la mécanique et les autres services du bâtiment; et l'emplacement et la localisation des espaces et de leurs fonctions.

Les questions de confort qu'examine l'évaluation acoustique sont les suivantes : le niveau sonore ambiant, la propagation ou la transmission du son dans les bureaux à ouverte, et le temps de réverbération et la transmission du son à travers les cloisons. Tous ces aspects peuvent être définis et mesurés par rapport à diverses limites et sont examinées dans le document "Évaluation de l'environnement acoustique".

Les troubles auditifs et les autres problèmes physiologiques peuvent être le résultat d'un effet cummulatif de niveaux acoustiques élevés continuels ou d'une exposition à court

terme ou d'une duration à court terme de sons très élevés. Ceci est un probleme relié à la santé et à la sécurité de chaque individu, et l'exposition maximum permise au bruit est réglementée par une législation provinciale et fédérale. Les limites pour la santé et la sécurité sont décrites dans le Code canadien du Travail et discutées dans le document D08.

3.3.1 Indices de la qualité acoustique

Le son est de l'énergie mécanique rayonnante qui est transmise par des ondes de pression longitudinales dans un support matériel comme l'air. On l'exprime et on le mesure en niveaux de pression acoustique, et l'unité de mesure est le décibel (dB). La sonorité est l'équivalent subjectif du niveau de pression acoustique. La fréquence d'un son est le nombre de vibrations en une période de temps donnée, exprimé en Hertz (Hz). Les basses fréquences sont perçues comme un bourdonnement, tandis que les hautes fréquences sont perçues comme un sifflement. Le niveau élevé du son est l'équivalent subjectif de la fréquence.

Les réactions aux diverses fréquences sont différentes d'une personne à une autre. À chaque extrémité du spectre, il existe des sons inaudibles, même dans la gamme des sons audibles, l'acuité ou la sensibilité à la fréquence peut varier. À mesure qu'il vieillit ou qu'il est exposé à des sons bruyants fréquents, l'homme devient moins sensible aux hautes fréquences. On se sert souvent d'une échelle avec réseau de pondération "A" pour mesurer la réponse de fréquence de niveaux sonores modérés du système auditif moyen. Cette échelle élimine les fréquences inférieures à 500 Hz et supérieures à 10 kHz, et est mesurée en dB(A). La réponse auditive normale est le plus sensible dans la gamme de 1 kHz à 5 kHz.

Le bruit ambiant est la valeur composite du son de toutes sources qui se propage dans l'air. Dans un bureau, les sources de bruit ambiant sont les suivantes : les sources externes; les sources internes comme les services mécaniques, l'éclairage ou la plomberie; les bruits produits par les occupants, comme la conversation, les déplacements ou l'utilisation du matériel de bureau. On utilise des tables pour déterminer les niveaux acceptables de bruit de fond pour diverses utilisations de l'espace, ces niveaux étant donnés en dB(A).

Toutefois, pour évaluer la composition spectrale du bruit de fond ou ambiant, on a mis au point les critères de bruit (NC), les critères de bruit perçu (PNC) et les critères d'espace (RC).

Les courbes des critères de bruit (NC) définissent les limites supérieure et inférieure de la pression acoustique d'une gamme de fréquences dans un bureau. Les niveaux sonores sont mesurés en tiers d'octave ou en octaves entiers de fréquence. Cela permet de délinéer la bande des fréquences et d'identifier les principales caractéristiques de la source de bruit. En conséquence, on peut prescrire des valeurs NC pour divers types d'espace dans les immeubles et les spécifier pour divers équipements bruyants.

Les courbes des critères de bruit perçu (PNC) sont basées sur les courbes NC, mais s'étendent à des fréquences plus basses que celles des courbes NC. Les extrémités basses fréquences et hautes fréquences des courbes PNC sont toutes deux inférieures à celles des courbes NC.

Les courbes des critères d'espace (RC) visent à représenter un spectre bien équilibré qui semblerait neutre aux occupants, et servent à établir des objectifs de conception pour les systèmes mécaniques.

La propagation du son dépend de la facilité avec laquelle un son se transmet d'un endroit à un autre. Elle joue un rôle important dans la communication orale et l'intimité. L'intelligibilité est fonction du rapport de l'intensité des signaux auditifs reçus à celle du bruit de fond. On l'exprime sous la forme de l'indice d'articulation (AI), représenté par un nombre entre 0,0 et 1,0, qui correspond à une intelligibilité entre 0 et 100 p. 100. L'AI dépend également de la sonorité de la parole, de la distance de la personne qui parle, de l'absorption et de la réflexion du son par les surfaces de la pièce, et, dans un bureau à aire ouverte, de l'atténuation offerte par les écrans et de l'orientation relative de la personne qui parle par rapport à celle qui l'écoute.

L'AI sert à mesurer le degré d'intimité des conversations entre deux points ou, à l'inverse, l'efficacité de la communication verbale entre deux points. Ainsi, 100 p. 100 d'intimité correspond à 0 p. 100 de communication et vice versa. Il est possible d'établir des indices d'articulation pour diverses conditions d'intimité et de communication, et ces indices peuvent être d'une grande utilité dans la planification ou l'établissement de guides du rendement.

Le temps de réverbération mesure la persistance du son qui existe une fois que la source du son s'est arrêtée. On le définit comme étant le temps nécessaire au son pour diminuer de 60 dB. On mesure les temps de réverbération pour déterminer la quantité de matériau insonorisant qui se trouve dans un poste de travail et autour de ce poste dans un bureau à aire ouvert ou fermé. Les résultats de ces mesures sont mis en corrélation avec les résultats des essais de propagation du son. Le temps de réverbération donne une idée de l'absorption acoustique globale, tandis que la propagation du son indique la répartition des matériaux absorbants.

L'absorption par les cloisons est un point critique là où l'intimité des conversations est requise. Il est particulièrement important que les cloisons puissent affaiblir le son qui se propage dans l'air. Autrefois, on mesurait l'affaiblissement phonique dû à une cloison à l'aide d'une seule valeur de classe de transmission acoustique (STC). Ce système de classement avait été mis au point par l'American Society for Testing Materials (ASTM), en laboratoire dans des conditions spécifiées. Les relevés pris dans des bureaux doivent tenir compte de la transmission acoustique dans l'ensemble du bureau, y compris de la transmission indirecte. On peut se servir des relevés de réduction du bruit (NR) et de réduction normalisée du bruit (NNR) pour déterminer l'isolation acoustique offerte par les cloisons du bureau. Ces essais permettent de mesurer l'affaiblissement phonique entre un poste dans un bureau fermé et d'autres postes à l'extérieur du bureau. On peut alors évaluer le rendement acoustique de la cloison et de l'ensemble de sa structure, y compris toutes les surfaces adjacentes.

La perte d'audition causée par le bruit est la principale question qui se pose en acoustique sur le plan de l'hygiène et de la sécurité. Heureusement, les niveaux de bruit dans les bureaux sont bien inférieurs aux maximums d'exposition admissible établis dans la législation fédérale et provinciale. Les critères de limitation des risques de

troubles auditifs à un niveau acceptable limitent l'exposition maximale au bruit à l'équivalent d'un niveau stable de 90 dB(A). Des niveaux de bruit plus élevés sont permis, mais uniquement si le temps d'exposition est réduit.

Un bruit excessif peut être causé par les systèmes mécaniques ou électriques de l'immeuble ou par l'équipement des occupants, par exemple un déchiqueteur ou une imprimante. On se sert de sonomètres et de dosimètres de bruit pour mesurer ces bruits sur une période de temps donnée.

3.4 QUALITÉ VISUELLE

La qualité visuelle se rapporte aux caractéristiques visuelles de l'espace et de ses limites matérielles qui offrent un milieu sûr, confortable et sain aux occupants ou utilisateurs. Dans les bureaux, la qualité de l'éclairage peut avoir une grande influence sur l'efficacité avec laquelle les tâches sont effectuées. L'éclairage est également critique quand le but consiste à exposer des objets, par exemple dans les galeries d'art et les magasins de détail. Il joue un rôle tout aussi important quand l'objectif est de créer une ambiance ou une impression particulière. Enfin, l'éclairage est important pour la sécurité des accès, des mouvements et des sorties.

3.4.1 Indices quantitatifs et qualitatifs des attributs visuels

La méthode pour évaluer et établir le document de classe D intitulé "Évaluation de l'éclairage" aborde deux aspects de l'éclairage. Le premier, quantité, consiste à évaluer la contribution de l'éclairage artificiel et naturel au niveau d'éclairement des postes de travail et d'autres espaces de l'immeuble, ainsi que de certains espaces extérieurs. Cette évaluation permet de vérifier la conformité au Code canadien du travail et aux codes provinciaux, qui abordent la question de la sécurité et de l'efficacité énergétique du milieu de travail. Le second aspect, qualité qualitative, consiste à évaluer les effets visuels de la qualité de l'éclairage sur les conditions ambiantes dans lesquelles se trouvent les occupants.

La quantité d'éclairage dépend de son efficacité. Ce qui est déterminée par le rapport de l'intensité lumineuse d'un luminaire à l'énergie totale qu'il consomme (à l'exclusion des circuits de commande et des pertes par effet de ballast). On se sert des valeurs d'efficacité pour déterminer et comparer le rendement de puissance des systèmes d'éclairage en place.

La quantité de lumière par unité de surface s'appelle l'éclairement et est mesurée en lumens par mètre carré ou lux. Les niveaux d'éclairement exigés pour l'éclairage général et l'éclairage de tâches individuelles ont été établis pour divers milieux de travail, par exemple dans le Code canadien du travail, et on vérifie normalement ces niveaux pour s'assurer de leur conformité. Les rapports d'uniformité d'éclairement, qui sont les rapports de la moyenne au minimum et du maximum au minimum, servent à exprimer approximativement les gammes opérationnelles des niveaux d'éclairement.

Le niveau d'éclairement n'est qu'un des facteurs de la bonne visibilité essentielle à l'exécution d'une tâche visuelle. Pour qu'une tâche puisse être perçue nettement, il doit

y avoir un contraste (une différence d'intensité lumineuse entre les détails observés). La brillance d'une surface s'appelle la luminance et est mesurée en candelas par mètre carré. Il devrait également y avoir un contraste entre la tâche et le milieu environnant, mais il ne faut pas que ce contraste soit trop fort. Le contraste entre la tâche et le milieu environnant influence également la visibilité et le confort visuel et doit être maintenu à l'intérieur de certaines limites. Des indices et des critères de contraste ont été établis pour les besoins de la conception et de l'évaluation. Mathématiquement, il s'agit simplement d'un rapport entre la luminance de la cible et celle du fond. C'est l'un des principaux éléments qui servent à déterminer le rendement visuel.

Si le rapport de contraste devient trop grand, il y a éblouissement. L'éblouissement est une sensation de brillance excessive qui est inconfortable ou réduit la visibilité. L'éblouissement peut frapper directement l'oeil à partir d'une source lumineuse. Cette source peut être le ciel perçu par la fenêtre ou il peut s'agir d'un luminaire électrique visible à l'observateur, ou d'une tâche de lumière indirectement réfléchie par le plafond. Il peut également s'agir d'une réflexion causée par une tâche ou le milieu environnant (généralement appelée réflexion masquante). Les réflexions masquantes des écrans de visualisation posent des problèmes spéciaux et méritent qu'on leur accorde une attention particulière. L'éblouissement peut se produire à certains postes de travail et pas à d'autres, et peut être évalué à partir de mesures.

On peut éliminer l'éblouissement grâce à une conception et à un emplacement judicieux de l'éclairage et des fenêtres, et à l'élimination de la réflectance et de la transmission des matériaux. Toutes les grandes surfaces qui sont dans le champ visuel de l'observateur et toutes les surfaces de travail peuvent faire l'objet d'une évaluation de la réflectance. Les études de transmittance se limitent généralement aux vitrages, aux matériaux d'ameublement des fenêtres et aux lentilles des luminaires. En tenant compte de toutes ces caractéristiques, on disposera des données nécessaires à l'évaluation du rendement visuel, que l'on définit par la vitesse et la précision de l'exécution des tâches visuelles.

Selon la fonction d'un espace, la perception des couleurs peut jouer un rôle important dans l'évaluation d'une installation d'éclairage. La perception des couleurs dépend de la nature de la source lumineuse, notamment des longueurs d'onde produites. Des indices de rendu des couleurs sont disponibles pour divers types de lampes. L'intensité de l'éclairement et les réflexions influencent elles aussi la perception des couleurs, et on doit en tenir compte dans la conception de l'éclairage.

Les caractéristiques de la surface de la périphérie et de l'ameublement de l'espace, la géométrie et l'aménagement de l'espace, et la conception des postes de travail sont autant de facteurs qui influencent le rendement visuel. Les caractéristiques de translucidité des fenêtres et des dispositifs pare-soleil, ainsi que l'orientation des fenêtres déterminent l'influence de la lumière du jour sur la qualité visuelle. On doit tenir compte de ces facteurs quand on cherche à diagnostiquer les problèmes et à leur trouver une solution. Pour évaluer ce que l'éclairage naturel contribue à un espace, il est utile d'utiliser le facteur moyen de lumière du jour. Ce facteur est la moyenne pondérée (en fonction de la superficie) de tous les facteurs de lumière du jour d'un espace, et sert à comparer le niveau intérieur d'éclairement fourni par l'éclairage naturel au niveau extérieur correspondant.

Il existe des liens étroits entre la consommation d'énergie et la conception de l'éclairage. L'éclairage peut contribuer au confort thermique ou le rendre plus difficile à obtenir. Cela montre une fois de plus qu'il convient d'aborder la résolution des problèmes dans une optique transdisciplinaire.

3.5 RENDEMENT ÉNERGÉTIQUE

On entend par rendement énergétique la mesure dans laquelle la consommation d'énergie totale d'un immeuble peut être considérée raisonnable. L'évaluation globale est la première étape de toute étude du rendement énergétique. Elle permet généralement d'indiquer où l'énergie semble gaspillée et de formuler une idée préliminaire des possibilités d'économie.

La phase suivante de l'étude consiste à évaluer les composants, ce qui permet de ventiler la consommation d'énergie dans l'immeuble. Cette évaluation cherche à établir quelle quantité d'énergie est consommée ou perdue par les divers composants de l'immeuble, y compris l'enveloppe, les chaudières, les refroidisseurs, les ventilateurs, les pompes et les systèmes d'éclairage.

L'évaluation de l'équipement et des systèmes vise à découvrir les gaspillages d'énergie et à établir comment les réduire en saisissant les occasions d'économiser l'énergie. C'est-à-dire en modifiant les pratiques d'exploitation et d'entretien et en modifiant ou en remplaçant certains composants et systèmes.

Enfin, une évaluation de conversion peut s'avérer nécessaire, car elle permet de définir les effets de changement proposé de l'utilisation de l'énergie sur le rendement de l'immeuble.

3.5.1 Indices de rendement énergétique

La principale mesure du rendement énergétique est une comparaison de la consommation d'énergie de l'immeuble à un budget énergétique, (exprimée en gigajoules par mètre carré). Le budget énergétique représente un niveau défini de consommation annuelle d'énergie qu'un immeuble existant devrait pouvoir atteindre moyennant l'adoption de mesures de conservation. L'analyse de la consommation énergétique des composants, c'est-à-dire la ventilation de l'utilisation de l'énergie, permet d'établir la consommation de chaque composant, notamment le chauffage, la ventilation, la climatisation, l'éclairage et le chauffage de l'eau, autrement dit les principaux secteurs d'utilisation de l'énergie. Cette analyse permet de vérifier les calculs de l'énergie.

L'objet de l'évaluation de l'équipement et des systèmes consiste à mettre en évidence des cas précis de gaspillage de l'énergie et à indiquer les possibilités de réduction de ce gaspillage grâce à la modification des pratiques d'exploitation ou d'entretien ou à la conversion. L'évaluation des possibilités de conversion vise à estimer les économies d'énergie que permettraient de réaliser certaines mesures de conversion.

4. TECHNIQUES ET ANALYSE D'ÉVALUATION

4.1 OBJECTIFS

Les techniques et les essais d'évaluation décrits dans les documents de classe "D" fournissent les données dont on a besoin pour établir la nature et la cause des problèmes du client. Ils peuvent contribuer à trouver diverses solutions et à en définir les effets sur le rendement global de l'immeuble. Cela ne saurait être fait de façon efficace qu'à l'aide d'une méthodologie qui tient compte de l'interaction entre les systèmes, les sous-systèmes, les composants, les fonctions et les types d'occupation. Trouver des solutions en tenant compte de tous ces facteurs est ce qu'on entend par l'approche transdisciplinaire.

Les présents documents visent à offrir une stratégie rentable d'évaluation des immeubles qui peut être adaptée à chaque problème et aux objectifs, aux priorités, au budget et aux délais du client. L'approche doit convenir à une évaluation post-occupation, ainsi qu'à des évaluations à d'autres étapes clés du système de réalisation des projets, pour aider les objectifs de rendement global de l'immeuble.

4.2 MÉTHODOLOGIE

La présente série de documents décrit trois niveaux d'évaluation :

Étape I (a) analyse des plans et des archives
(b) analyse des lieux par des experts
(c) analyse de l'usage et de l'occupation
Étape II – techniques simples de mesure
Étape III – monitorage détaillé et spécialisé

L'individualité du problème dictent quelles étapes d'évaluations utiliser et dans quel ordre. En principe, toutes les étapes peuvent s'appliquer à l'un des sept domaines de rendement dans la phase post-occupation. Si le problème est très particulier, on peut parfois obtenir les données voulues en n'ayant recours qu'à une seule des étapes. Au cours des premiers stades du système de réalisation des projets, divers documents de projet, ainsi que des entretiens avec le directeur de projet et les équipes de conception et de construction, pourraient être les principales sources d'information.

Les renseignements recueillis peuvent être analysés de diverses façons. Lorsque les essais s'accompagnent de critères de rendement bien définis, la méthode d'analyse fait normalement partie du processus global. Quand il s'agit d'établir la nature et la cause d'un problème et de définir les solutions possibles, les méthodes d'essai et d'analyse sont adaptées en fonction des circonstances.

Pour évaluer le rendement d'un immeuble, il est essentiel d'avoir recours au jugement d'un expert ayant une connaissance spécialisée et générale des sciences et des méthodes de construction. Cela vaut pour tous les niveaux de mesure et d'évaluation, mais encore plus quand il faut formuler des recommandations, que ce soit dans un contexte unidisciplinaire ou transdisciplinaire.

Étape I (a) Analyse des plans et des archives

Cette technique consiste à tirer les renseignements utiles des documents disponibles : documents d'aménagement et de conversion, relevés d'exploitation, accords d'utilisation et d'occupation, et dossiers des plaintes des occupants. Cet examen et cette évaluation sont effectués par une équipe de projet comprenant des représentants de toutes les disciplines pertinentes.

Si le problème semble être environnemental, il est probable que les données recueillies par les membres de l'équipe spécialisée en sciences fonctionnelles et matérielles seront utiles. On procède à un examen transdisciplinaire des résultats en vue d'évaluer ce qu'ils signifient pour le rendement global de l'immeuble. Les résultats de cet examen font l'objet d'un rapport.

Étape I (b) Analyse des lieux par des experts

L'étape I consiste en une inspection minutieusement préparée de toutes les zones et de tous les composant pertiments de l'immeuble par l'équipe multidisciplinaire du rendement des immeubles.

Dans l'évaluation post–occupation, la visite technique a lieu pendant les heures de travail normales, pour qu'on puisse accorder une attention particulière à l'utilisation de l'espace. En règle générale, la visite fait suite à une analyse des plans et des archives. Le degré de détail des observations dépend de la nature de l'évaluation. La prise de relevés est facilitée par l'emploi de listes de vérification, de plans annotés, de photographies et d'enregistrements sur magnétophone. Un examen transdisciplinaire des résultats sert ensuite à orienter les phases suivantes de l'évaluation, et les résultats sont consignés dans un rapport.

Étape I (c) Analyse de l'usage et de l'occupation

Cette technique consiste à se renseigner sur les attitudes, les perceptions et le comportement des utilisateurs. Ces renseignements sont particulièrement utiles à l'évaluation des attributs de rendement environnemental, qui a trait à la qualité sensorielle de l'environnement, telle qu'elle est perçue par les occupants. Les renseignements de base sur les utilisateurs et leurs activités proviennent des parties (a) et (b) de la première étape. Dans la partie (c), on observe plus en détail l'interaction entre les occupants et l'immeuble. On observe ce qu'ils ont fait pour modifier les conditions thermiques, acoustiques ou visuelles. On a recours à des entrevues centrées quand on a besoin de renseignements plus détaillés sur les perceptions des occupants. Si les occupants sont nombreux ou si une approche statistique s'impose, on utilise des questionnaires préparés avec le plus grand soin. Pour établir les attributs fonctionnels d'un immeuble, il faut savoir recueillir et analyser les données sur l'utilisation et l'occupation de l'immeuble. Cet aspect de l'évaluation est effectué par les spécialistes de l'analyse fonctionnelle, avec le concours d'autres spécialistes de l'équipe de projet. Les techniques utilisées sont décrites en détail dans les documents de classe C et D portant sur le rendement fonctionnel.

Étape II – Techniques simples de mesure

On fait ici une distinction entre les mesures techniques simples et complexes. Les instruments utilisés à la deuxième étape sont portatifs et généralement manuels. Les techniciens consignent les mesures ponctuelles sur des fiches de données en se déplaçant d'une zone à une autre. Si le plan des essais est bien dressé à partir des renseignements obtenus lors de la première étape, l'évaluation de la deuxième étape peut fournir des renseignements fort utiles moyennant des coûts modestes. Ajoutés aux données déjà obtenues par l'équipe multidisciplinaire, ces renseignements peuvent suffire à établir les causes du problème et à trouver diverses solutions possibles.

Étape III – Monitorage détaillé et spécialisé

L'évaluation de la troisième étape peut utiliser certains des instruments utilisés auparavant ainsi que des instruments de mesure et d'enregistrement plus complexes. Une évaluation de la troisième étape peut consister à prendre des mesures détaillées des conditions normalement dans un grand nombre d'endroits différents. Elle peut aussi consister à enregistrer continuellement certaines conditions pendant une période de temps plus longue, normalement à quelques endroits sélectionnés.

Une évaluation de la troisième étape prend plus de temps et coûte plus cher que celle de la deuxième étape. On y a généralement recours quand on a défini le problème, mais sans en avoir encore établi la nature ou la cause précise.

4.3 QUALITÉ THERMIQUE (ÉVALUATION DES ÉTAPES II ET III)

Les techniques d'évaluation thermique sont décrites dans le document DO3 "Évaluation de l'ambiance thermique". À la deuxième étape, on mesure l'humidité relative, la température de l'air, la température de la sphère et la vitesse de l'air près de la sphère à l'aide d'instruments portatifs étalonnés. On calcule la température équivalente et la température au point de rosée à partir des relevés et on compare les valeurs à la norme 55–81 de l'ASHRAE. On estime la valeur isolante des vêtements et les niveaux d'activité, et on détermine les valeurs VMP et PPI à l'aide de la norme 7730 de l'ISO. On peut aussi utiliser un appareil de mesure du confort thermique pour relever directement la température équivalente, VMP et PPI, après avoir réglé l'instrument en fonction de la valeur isolante estimée des vêtements, des niveaux d'activité estimés et de la température au point de rosée.

Une évaluation de la troisième étape peut adopter l'une de deux approches ou, au besoin, les deux. Elle peut consister en des ensembles de mesures détaillées prises une ou deux fois, de préférence en plusieurs endroits représentatifs des diverses caractéristiques de l'espace. Elle peut consister à enregistrer les conditions ambiantes pendant une plus longue période de temps à quelques endroits sélectionnés à l'aide d'un enregistreur numérique à voies multiples. On peut analyser les données à l'aide d'un micro–ordinateur pour obtenir les valeurs maximales, minimales et moyennes pour chaque endroit. Aux fins de comparaison, on peut introduire dans l'ordinateur les valeurs correspondantes de température équivalente et les limites énoncées dans la norme 55–81 de l'ASHRAE.

On mesure le débit d'air des diffuseurs agissant sur le poste de travail à l'aide d'un thermoanémomètre ou d'une "hotte de débit" de diffuseur. On mesure également la température de l'air d'arrivée. Les résultats peuvent indiquer la cause des problèmes thermiques détectés au poste de travail.

On peut comparer aux normes de l'ASHRAE les taux de changement des températures radiantes équivalente et moyenne pendant le cycle de réglage et le glissement des températures. On peut comparer les valeurs de VMP aux valeurs proposées dans la norme 7730 de l'ISO. Si les critères de confort ne sont pas satisfaits, les données sur les caractéristiques de rendement du chauffage, de la ventilation, de la climatisation et de l'enveloppe extérieure qui auront été fournies par d'autres spécialistes de l'équipe aideront à identifier les causes et à trouver des solutions.

4.4 QUALITÉ DE L'AIR (ÉVALUATION DES ÉTAPES II ET III)

Le document DO9 intitulé "Évaluation de la circulation d'air" décrit une méthode de la troisième étape utilise une technique thermographique pour visualiser la répartition des écoulements d'air dans un espace. On se sert de techniques thermographiques pour suivre le mouvement d'un gaz de traçage à partir d'une bouche d'arrivée d'air. Cette technique permet de repérer les zones de stagnation ou un approvisionnement insuffisant d'air frais. Le même document décrit une méthode de la deuxième étape qui utilise des crayons fumigènes. Cette méthode permet d'identifier les grands mouvements de l'air dans un espace de travail, depuis les arrivées d'air jusqu'aux points d'évacuation, ainsi que les mouvements de l'air qui pénètrent dans l'espace, le traversent et en sortent. Le document décrit également une méthode de la troisième étape, où des ballons à flottation neutre servent à atteindre les mêmes objectifs.

L'écoulement d'air d'un espace à un autre peut jouer un rôle important dans l'identification des sources de pollution et dans l'évaluation de l'efficacité des systèmes d'évacuation. Le document DO2 intitulé "Migration de la pollution" décrit une méthode de la troisième étape qui utilise du gaz de traçage pour déterminer le mouvement de polluants entre l'espace où ils sont produits et d'autres espaces.

Dans le document DO1 intitulé "Évaluation des polluants", la section sur le gaz carbonique décrit des méthodes de mesure qui utilisent des analyseurs à infrarouge. Les méthodes de la deuxième étape servent à prendre des relevés ponctuels, tandis que celles de la troisième étape servent à dresser des profils pouvant aller jusqu'à 24 heures. En règle générale, les concentrations varient au cours de la journée. Les évaluations de la première étape peuvent fournir des données qui permettront d'étudier les plaintes formulées à propos du manque d'air frais. Ces données peuvent servir à choisir les endroits où il faut prendre des mesures.

La section "Formaldéhyde" du même document décrit une méthode de mesure de la troisième étape qui est relativement précise et qui peut être exécutée en l'espace de quelques heures.

La section "Composés organiques volatils" décrit une méthode complexe de la troisième étape qui permet d'identifier un nombre important de polluants et d'en établir la

concentration. Cette méthode utilise une technique de spectrométrie de masse qui utilise un chromatographe en phase gazeuse. Les évaluations de la première étape peuvent être utiles pour référence s'il y a des odeurs évidentes ou si les source sont été repérées.

La section "Radon" décrit une méthode de la deuxième étape pour prendre des mesures à court terme et une méthode de la troisième étape pour obtenir des valeurs intégrées sur des périodes d'un mois ou plus. Les techniques dans la première étape peuvent identifiées les sources possibles.

La section "Particules" décrit une méthode de la deuxième étape qui sert à déterminer le poids des particules présentes et une méthode de la troisième étape qui défini de la granulométrie des particules respirables. L'emploi conjoint de ces deux méthodes donne une bonne vue d'ensemble des particules présentes dans l'air. D'autres niveaux d'observation peuvent permettre d'identifier les sources.

La section "Matières biologiques dans l'eau" décrit une méthode de la troisième étape qui sert à prélever des échantillons aux fins d'une analyse biologique. Les observations de la première étape permettront d'identifier les sources possibles.

4.5 QUALITÉ ACOUSTIQUE (ÉVALUATION DES ÉTAPES II ET III)

Les niveaux de bruit ambiants sont un élément important du rendement acoustique de la plupart des espaces occupés. Le document D08 intitulé "Évaluation de l'environnement acoustique" donne des renseignements sur les critères de rendement à utiliser pour les diverses occupations de bureaux, et décrit des méthodes d'évaluation. Les évaluations de la première étape indiquent quelles mesures prendre, où et quand les prendre. Une évaluation de la deuxième étape permet d'obtenir des relevés ponctuels des niveaux sonores en dB(A) et par tiers d'octave. Une évaluation de la troisième étape permet de prendre des relevés sur plusieurs heures ou plusieurs jours. Les niveaux de pression sonore par octaves entiers peuvent être comparés aux courbes NC, à la détermination des tonalités, aux valeurs globales en dB(A), ou aux valeurs PNC ou RC.

Le chapitre du document D08 sur la propagation du son fournit des données qui permettent d'évaluer l'intimité des conversations et l'efficacité des communications verbales. La troisième étape permet de calculer l'affaiblissement phonique entre deux endroits, en utilisant une source sonore étalonnée à large bande. Ajoutée à la mesure des niveaux de bruit ambiant par tiers d'octave, cette évaluation permet de calculer un indice d'articulation.

La section "Temps de réverbération" décrit une méthode de la troisième étape qui sert à déterminer l'absorption du son dans l'espace examiné. Cette méthode est fort utile pour l'évaluation des caractéristiques de propagation du son.

La section "Perte de transmission due aux cloisons" fournit des critères d'affaiblissement phonique des cloisons. Elle décrit également une méthode de la troisième étape qui sert à calculer la perte de transmission effective sur place, la perte de transmission du bruit et les indices d'isolation acoustique. L'évaluation comprend aussi le calcul des causes de mauvais rendement.

Le chapitre "Perte d'audition due au bruit" donne des renseignements sur les normes d'hygiène et de sécurité se rapportant aux niveaux acoustiques. Une évaluation de la deuxième étape prévoit le port de dosimètres par les occupants pour mesurer l'exposition cumulative dans les milieux bruyants. L'évaluation de la troisième étape présente des données plus détaillées sur les caractéristiques acoustiques (bruit ambiant).

4.6 QUALITÉ VISUELLE (ÉVALUATION DES ÉTAPES I, II ET III)

Les méthodes d'évaluation et les critères de rendement des systèmes d'éclairage électrique sont traités dans le document D10 intitulé "Évaluation de l'éclairage". Les évaluations de la première étape donnent les renseignements de base à toute évaluation des systèmes d'éclairage de l'immeuble. Les calculs permettent de déterminer si les systèmes satisfont normalement aux critères de conception. Les observations, y compris les relevés photométriques pris pendant la visite technique, peuvent identifier les problèmes potentiels et leurs causes. Les réponses des occupants aux questionnaires de la première étape peuvent contribuer à identifier les espaces qu'il faut examiner de plus près.

L'évaluation de la deuxième étape présente les mesures détaillées et les calculs d'une gamme d'indices d'éclairage dont on aura besoin pour évaluer la qualité visuelle. Ces mesures et calculs comprennent les suivants :

1) niveaux d'éclairement :
   - éclairement dans les espaces généraux (intérieurs et extérieurs),
   - éclairement des tâches,
   - rapports d'uniformité de l'éclairement,
   - valeurs d'efficacité

2) rendement visuel :
   - rapports de contraste des tâches,
   - éclairement des tâches, des alentours et du fond,
   - rendement visuel relatif pour un observateur donné et une tâche donnée.

3) éblouissement :
   - luminance de masquage,
   - luminance de la source lumineuse, du fond ambiant et de la tâche,
   - rapports de luminance,
   - réflexion et transmission par les surfaces ambiantes comme les murs, les plafonds, les planchers et les surfaces de travail.

4) éclairage naturel :
   - disponibilité et distribution de la lumière du jour,
   - facteur moyen de lumière du jour.

5) stratégies de réglage.

6) programme d'entretien de l'éclairage.

7) consommation d'énergie de la source lumineuse :
   - budget énergétique.

On compare les valeurs obtenues aux codes, normes ou directives applicables. On trouve des solutions aux lacunes décelées.

L'évaluation de la troisième étape consiste à obtenir les données suivantes:

- les modes d'occupation
- les paramètres de rendement visuel
- les études complexes de la luminance
- les essais et analyses photométriques des luminaires
- les études complexes de l'éclairage naturel
- les études complexes des locaux où se trouvent des écrans de visualisation
- l'évaluation de l'éclaireage naturel à l'aide de modèle
- l'intégration de l'éclairage naturel aux autres systèmes du bâtiment
- les études pilotes visant à mettre à l'essai de nouvelles technologies ou de nouvelles idées

La troisième étape peut comprendre une simulation détaillée sur ordinateur des conditions d'éclairage des postes de travail et de l'espace environnant, à partir des caractéristiques des luminaires, des caractéristiques des surfaces et de la configuration géométrique des espaces. On peut faire des comparaisons avec les mesures prises sur place et prédire les effets de modifications.

4.7 RENDEMENT ÉNERGÉTIQUE (ÉVALUATION DES ÉTAPES I, II ET III)

Pour une évaluation globale du rendement énergétique, il faut effectuer toutes les tâches de la première étape et se servir des factures des services publics et d'autres données sur l'immeuble, par exemple les dimensions de l'immeuble, le type d'occupation, les heures d'utilisation et le type de système. On a besoin d'autres données comme le budget énergétique correspondant; l'évolution de la consommation d'une année à l'autre est souvent requise ainsi que les facteurs associés avec l'inéfficacité du rendement énergétique.

Dans l'évaluation de la deuxième étape, on obtient une image plus détaillée de la consommation d'énergie en analysant un flux énergétique composite à l'aide d'instruments et de procédés de surveillance, et les flux énergétiques individuels à l'aide de techniques comme l'analyse par régression, la reconnaissance des structures, des méthodes de prédiction et la surveillance des flux énergétiques des composants. Il faut tenir compte des effets des conditions météorologiques, des activités opérationnelles et de l'occupation.

L'analyse du rendement énergétique de l'équipement et des systèmes est généralement effectuée après un contrôle détaillé ou après la compilation d'évaluations unidisciplinaires de la troisième étape. On peut alors identifier les options de conversion.

5. MÉTHODOLOGIE D'ÉVALUATION

5.1 LANCEMENT DES PROJETS

Une évaluation du rendement global d'un immeuble s'impose dans plusieurs circonstances :

- quand un problème se pose dans un immeuble occupé (par exemple, des conditions ambiantes particulières ou le mauvais fonctionnement ou la panne d'un composant);
- quand des données préliminaires ou l'expérience de situations semblables prédisent qu'un problème se posera;
- quand on se propose de convertir un immeuble ou d'évaluer un immeuble qui vient d'être converti;
- quand on se propose de modifier l'utilisation ou l'occupation d'un immeuble;
- s'assurer que les exigences, essais et critères de rendement ont été définis comme il le fallait pour permettre de vérifier la conformité et
- de vérifier la conformité aux stades de la conception, de la construction, de la prise en charge et de la post–occupation.

5.2 L'ÉQUIPE DE PROJET

Ceux qui participent directement à l'évaluation du rendement d'un immeuble:

1) Les représentants du client

Cette catégorie comprend les représentants du propriétaire chargés des intérêts immobiliers, un représentant des services d'exploitation et d'entretien ou des services d'architecture et de génie, et, (quand des questions d'occupation et d'utilisationse posent), un représentant des locataires. Dans le cas des projets de portée assez restreinte, il suffit d'avoir un seul représentant du client pour décider de la portée du projet, des objectifs, du budget, des délais et des activités de suivi.

2) Le directeur de projet

Dans le cas des grands projets, le directeur devrait être un expert des études transdisciplinaires. Dans le cas des projets de portée plus limitée, le directeur devrait être un expert de la qualité du rendement primaire des immeubles et être familier avec le processus transdisciplinaire.

3) L'équipe d'évaluation du rendement

Cette équipe est composée d'experts en évaluation du rendement. Elle peut comprendre un spécialiste de la conception pour l'évaluation des systèmes et sous–systèmes avant ou après les modifications. Les spécialistes peuvent comprendre des architectes, des ingénieurs en mécanique, en électricité ou en

structures, ou des technologues des sciences du bâtiment. Toutefois, ces disciplines pourraient être représentées en la personne du directeur de projet. Ces spécialistes pourraient être fournis par les Services d'architecture et de génie ou être engagés à contrat.

5.3 ÉTABLISSEMENT DU PLAN DE TRAVAIL

Un projet part généralement d'un objectif, d'une exigence, d'un problème, d'une inquiétude ou d'un point de litige défini par le client. Un directeur désigné des projets de rendement des immeubles examine avec le client les questions de rendement possibles, les techniques d'évaluation pertinentes, les coûts, les budgets et les délais. Après qu'il est convenu d'aller de l'avant, on procède à une discussion détaillée avec les groupes des sciences fonctionnelles, environnementales et matérielles, pour s'assurer que la planificationsera transdisciplinaire.

Cela fait normalement suite à l'examen des documents pertinents sur l'immeuble et/ou à une visite d'inspection de l'immeuble. On définit alors le problème à aborder, les principaux éléments de l'évaluation et un budget préliminaire.

5.4 TRAVAUX SUR PLACE ET RELEVÉS

Le directeur de projet reste en communication avec le client et avec les membres de l'équipe d'évaluation du rendement pendant l'évaluation. Le plan de travail est réévalué à mesure qu'on obtient des données sur chaque élément et, au besoin, on lui donne une nouvelle orientation à la lumière de ces données. Une solution rapide peut apparaître ou une nouvelle incertitude peut amener à redéfinir le problème et à adopter une nouvelle approche. Après les évaluations de la première étape, on peut dresser avec plus de confiance une stratégie d'échantillonnage pour les étapes II et III. À ces étapes, on peut souvent organiser les relevés de façon à faciliter la comparaison des conditions mesurées aux critères de rendement pertinents.

5.5 ÉVALUATION ET RECOMMANDATIONS

Il faut d'abord évaluer les résultats des travaux sur le terrain et formuler des recommandations du point de vue de chaque faisant partie de l'équipe. Si un choix de recommandations est présenté, chacune doit être accompagnée d'une analyse des coûts et avantages. Les recommandations sont évaluées par le directeur de projet et tous les membres de l'équipe d'évaluation du rendement.

On aboutit ainsi à un ensemble de recommandations qui tiennent compte de leurs incidences sur toutes les attributs du rendement. Ces recommandations sont passées au client, documents à l'appui. On tient compte du point du vue du client et on répond à ses inquiétudes avant de dresser un ensemble définitif de recommandations qui seront formulées dans un rapport final.

6. RESSOURCES ET COÛTS D'ÉVALUATION

La durée et le coût d'une évaluation, ainsi que les ressources qu'elle exige, dépendent de la nature du problème et de la mesure dans laquelle des questions environnementales entrent en jeu. S'agit-il d'un problème localisé ou généralisé? S'agit-il d'un petit immeuble ne servant qu'à une seule fin ou n'ayant qu'un seul type d'occupation, ou bien d'un grand immeuble à utilisations et occupations multiples? L'évaluation fait-elle surtout appel à un seul domaine de compétences, avec peu ou pas d'impact sur les autres attributs du rendement de l'immeuble, ou s'agit-il d'un problème à volets multiples mettant en cause d'autres aspects du rendement de l'immeuble et des interactions entre un certain nombre de composants de l'immeuble? Le problème peut-il être résolu par un expert qui n'aurait qu'à étudier les documents et les relevés sur l'immeuble et à visiter l'immeuble, ou exige-t-il un degré plus élevé de mesures et d'observation, ainsi qu'une analyse complexe?

Les besoins se feront jour au cours des entretiens avec le client et de la préparation du plan de travail. En règle générale, il faut procéder à une évaluation préliminaire avant d'établir des coûts fermes. Les documents de classe D donnent des renseignements sur les ressources exigées par les évaluations environnementales à divers niveaux de mesure, ainsi que sur leurs coûts types.

Le coût d'une évaluation transdisciplinaire du rendement ne représente généralement qu'une portion des économies pouvant être réalisées sur les frais d'exploitation et d'entretien. Ces frais sont plus petits quand ils sont comparés à la valeur réalisée avec un gain d'efficacité et de productivité que pourra réaliser l'entreprise occupant l'immeuble. Ces coûts doivent donc être perçus comme un bon investissement.

7. LISTE DE DOCUMENTS ÉVALUANT LE RENDEMENT DES IMMEUBLES

Dans cette série, les documents sont subdivisés en quatre classes différentes. Les documents de classe A donnent des explications à savoir comment utiliser les documents des trois autres classes. La classe B est un répertoire d'essais lequel inclut un index et des références. Les documents de classe C donnent un compte rendu des trois domaines d'évaluation et résument les documents de classe D dans leur domaine respectif. Les documents de classe D contiennent une description des attributs du rendement des immeubles et donnent les méthodes pour les évaluer.

	A1	Guide du directeur de projet
	A2	Guide du gérant d'immeuble
	B1	Répertoire d'essais
Relevés	C1	Rendement environnemental et énergétique
	C2	Rendement fonctionnel
	C3	Rendement des systèmes et du matériel
Rendement environnemental et énergétique	D01	Évaluation des polluants
	D02	Migration de la pollution
	D03	Évaluation de l'ambiance thermique
	D04	Évaluation globale : rendement énergétique
	D05	Évaluation des secteurs de consommation : rendement énergétique
	D06	Évaluation des installations et systèmes : rendement énergétique
	D07	Évaluation des améliorations : rendement énergétique
	D08	Évaluation de l'environnement acoustique
	D09	Évaluation de la circulation d'air
	D10	Évaluation de l'éclairage
	D11	Relevé des données atmosphériques
Rendement fonctionnel	D20	Analyse des documents et archives
	D21	Annotation des plans
	D22	Entrevues centrées
	D23	Questionnaires
	D24	Observations
Rendement des systèmes et du matériel	D30	Murs et colonnes structuraux : relevé de la condition
	D31	Dalles et toits structuraux : relevé de la condition
	D32	Garages de stationnement : relevé de la condition
	D33	Évaluation des installations mécaniques
	D34	Évaluation des contrôles mécaniques
	D35	Évaluation des systèmes électriques
	D36	Contrôle de la pression et de l'étanchéité à l'air
	D37	Mesure de la vitesse d'échange d'air extérieur
	D38	Inspections par thermographie de l'enceinte d'un immeuble
	D39	Mesure de la résistance thermique
	D40	Inspections de la teneur en humidité
	D41	Évaluation des systèmes de couvertures